

# Notes de Recherche

.....

## Dynamiques écosystémiques co-évolutives : Cartographie des climax potentiels

Sébastien Hendrickx, Claire van der Kaa,  
avec la collaboration de Claude Dopagne et Eric Melin  
sous la direction de Emmanuël Sérusiaux

POTENTIEL

REEL

CFDT

Conférence Permanente  
du Développement Territorial  
Wallonie

Numéro 37 • Avril 2013





# Notes de Recherche

.....

## Climax écosystémiques

**Sébastien Hendrickx, Claire van der Kaa<sup>1</sup>**

avec la collaboration de Claude Dopagne et Eric Melin

sous la direction de Emmanuël Sérusiaux

### Résumé

Cette note de recherche présente les résultats de la deuxième phase de la recherche d'initiative de la CPDT relative à « La biodiversité sous l'angle des dynamiques écosystémiques co-évolutives » (programme 2011-2014). Le résultat principal consiste en un modèle cartographique prédictif des climax écosystémiques potentiels en Wallonie. Le développement de ce modèle repose d'une part sur la typologie des dynamiques des écosystèmes développée en phase 1 (et optimisée depuis lors), et d'autre part sur la détermination des paramètres physico-chimiques qui caractérisent ces écosystèmes, notamment l'humidité et la richesse du sol en nutriments. Différentes variables spatialisées permettant de rendre compte de ces paramètres ont été intégrées dans trois cartographies régionales : une relative aux niveaux hydriques, la deuxième aux niveaux trophiques et la troisième au contexte écologique. La comparaison de ces cartes avec des données phytosociologiques relevées dans le cadre de l'Inventaire Permanent Forestier a permis de leur calibrage et leur validation sur base de la situation existante. Enfin, la cartographie prédictive des climax écosystémiques a été obtenue par combinaison des trois cartes précédentes et confrontée pour validation à la présence réelle des écosystèmes sur le territoire, à nouveau sur base de ces relevés phytosociologiques.

---

<sup>1</sup> Lepur et aCREA, Université de Liège, Unité de Biologie de l'évolution et de la conservation, Sart Tilman B22, 4000 Liège (<http://www.lepur.ulg.ac.be> - <http://www.bionat.ulg.ac.be>)

**Remerciements**

L'équipe de recherche remercie Monsieur P. Engels, coordinateur auprès de la cellule SIG au DEMNA, pour son aide et ses conseils en matière de pédologie.



# TABLE DES MATIERES

<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>5</b>
1. CONTEXTE DE LA DEMARCHE .....	6
2. OBJECTIFS DU MODELE PREDICTIF .....	7
3. PREALABLE AU MODELE PREDICTIF : DYNAMIQUES DES ECOSYSTEMES ET TYPOLOGIE DES HABITATS .....	7
3.1 Facteurs déterminants les écosystèmes .....	7
3.2 Typologie EcoDyn .....	8
4. MODELISATION DES CLIMAX ECOSYSTEMIQUES .....	12
4.1 Considérations générales relatives au concept de climax .....	12
4.2 Modélisation : principes de base.....	13
Caractérisation des principaux indices abiotiques .....	13
Méthodologie de combinaison des données.....	15
Méthodes d'extrapolation.....	15
4.3 Données de base : sources, commentaire, mode de valorisation.....	17
Hydrologie.....	17
Relief et apports hydriques.....	17
Matériaux et texture du sol.....	23
Drainage du sol.....	25
Développement de profil du sol .....	30
Nature du substrat géologique et de la charge pédologique.....	30
Profondeur et pierrosité du sol .....	32
Acidité du sol .....	33
Teneur en phosphore assimilable .....	33
4.4 Caractérisation du milieu abiotique.....	37
Indice de niveau hydrique .....	37
Indice de niveau trophique .....	40
Contexte écologique.....	46
4.5 Climax écosystémiques.....	46
Diagnostic des caractéristiques abiotiques.....	46
Validation des résultats de la modélisation .....	50
Ecosystèmes modélisés et situation existante .....	52
Domaine de pertinence et limites du modèle prédictif.....	55
5. BIBLIOGRAPHIE .....	56
6. GLOSSAIRE .....	57
7. ANNEXE.....	61

## 1. CONTEXTE DE LA DEMARCHE

La recherche d'initiative relative à « La biodiversité sous l'angle des dynamiques écosystémiques\* co-évolutives » menée par la CPDT<sup>2</sup> a débuté en novembre 2011 et est programmée pour 3 ans.

La réflexion qui sous-tend cette recherche part du constat de l'existence d'interactions entre les dynamiques naturelles et les influences humaines. Elle s'inscrit dès lors dans la logique de la trajectoire, telle que l'a décrite Patrick Blandin dans ses publications et en particulier dans ses ouvrages « De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité » (Editions Quae, Paris, Paris, 2009) et « Biodiversité – L'avenir du vivant » (Editions Albin Michel – Bibliothèque Sciences, Paris, 2010). Il s'agit **d'examiner les dynamiques naturelles, et de voir, au regard des conditions méso-écologiques principales (climat, sol, eau, relief) et des perturbations qui sont introduites par l'homme, ce que ces dynamiques qui s'exercent conjointement sont susceptibles de procurer comme biodiversité.** Il devient alors possible d'analyser dans quelles conditions cette biodiversité peut être conservée et développée dans un contexte marqué par les activités humaines.

Ainsi conçue, la recherche s'écarte de l'approche classique (p. ex. celle de la loi sur la conservation de la nature de juillet 1973, et de la directive européenne 92/43 fondant le réseau Natura 2000) qui consiste à cibler le duo espèces-habitats\* à partir des Red Lists et/ou d'espèces et de milieux préalablement choisis en vertu d'une batterie de critères, souvent implicites et/ou non communiqués.

L'apport principal de la recherche sera de fournir un **outil d'orientation de la politique d'aménagement du territoire en matière de conservation du patrimoine naturel.** L'approche couvrira l'ensemble du territoire wallon.

Au-delà de la production d'un outil nouveau d'aide à la décision, le projet de recherche visera à apporter des éléments de réponse objectifs à plusieurs questions soulevées lorsqu'il s'agit redéfinir les termes de référence d'une stratégie régionale d'aménagement du territoire en faveur du développement de la biodiversité, notamment :

- Où et comment créer des espaces protégés représentatifs et donc sur l'ensemble du territoire, et non plus seulement sur les surfaces à valeur économique marginale ?
- Où et comment dégager des espaces d'expression des dynamiques naturelles génératrices de biodiversité ?
- Dans un territoire hautement artificialisé tel que la Wallonie, quelle importance relative devons-nous donner au rétablissement de la connectivité entre les milieux et au développement des surfaces disponibles pour ces milieux ?

La première année de recherche a été consacrée au développement des outils méthodologiques et informatiques nécessaires à la démarche. La première phase a permis de mettre au point une typologie des milieux, tant naturels que plus ou moins fortement anthropisés, qui inclut la description des dynamiques actionnant les transitions d'un milieu vers un autre. Cette première étape constitue le référentiel d'un modèle prédictif destiné à orienter le développement territorial en vue de la conservation de la nature. La description de la structure générale de ce référentiel a fait l'objet d'une précédente note de recherche<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> CPDT : Conférence Permanente du Développement Territorial, <http://cpdt.wallonie.be/>

<sup>3</sup> Hendrickx S. et Van der Kaa C. (2012) Dynamiques écosystémiques co-évolutives : proposition de typologie fonctionnelle des milieux. Note de Recherche CPDT n° 34, 52 p.

La présente note de recherche présente la phase suivante du travail, à savoir la modélisation des conditions abiotiques\*<sup>4</sup> du territoire en lien avec les dynamiques évolutives naturelles de la végétation identifiées lors de la phase précédente, de manière à obtenir une vision spatialisée détaillée des « climax\* » régionaux potentiels.

## 2. OBJECTIFS DU MODELE PREDICTIF

La spécification, au travers d'un modèle prédictif, des conditions naturelles des milieux ainsi que des écosystèmes privilégiés par celles-ci, vise à fournir un cadre opérationnel pour l'orientation du développement territorial en matière de conservation de la nature. Le modèle permet, pour l'ensemble du territoire régional wallon, de prédire avec précision la répartition spatiale des différents écosystèmes potentiels tels qu'ils existeraient ou s'établiraient en dehors de toute intervention humaine. Couplé à la typologie des milieux développée en première phase de la recherche, il permet d'appréhender les impacts liés aux dynamiques anthropiques\* s'exerçant sur le territoire.

Le modèle peut être mobilisé pour comparer différents scénarios de politique territoriale, car il permet d'évaluer pour chacun d'entre eux le niveau de préservation / renforcement des milieux naturels qu'il représente.

Lors de projets d'aménagement, les cartes issues de la modélisation peuvent s'avérer un moyen simple et efficace pour l'identification de zones de compensation ou pour l'installation de nouveaux sites protégés.

Enfin, les cartes produites contribueront à remédier, au moins partiellement, à l'absence d'inventaire cartographique exhaustif du patrimoine naturel à l'échelle régionale. La confrontation des conditions écologiques optimales de fonctionnement des écosystèmes avec les pressions liées à l'affectation et à l'occupation du sol, qui sera envisagée dans un stade ultérieur de la recherche, constituera également une plus-value importante.

## 3. PREALABLE AU MODELE PREDICTIF : DYNAMIQUES DES ECOSYSTEMES ET TYPOLOGIE DES HABITATS

La modélisation des climax s'inscrit dans la foulée de la description des dynamiques écosystémiques et de l'élaboration d'une typologie des habitats en Wallonie. Ces résultats ont été présentés antérieurement<sup>5</sup>. Néanmoins, il apparaît utile, en vue d'une meilleure compréhension du travail actuel, d'en fournir une brève synthèse.

### 3.1 Facteurs déterminants les écosystèmes

Les écosystèmes sont couramment définis en fonction de certaines combinaisons des conditions écologiques, autrement appelées « habitats », favorisant l'installation d'une flore et d'une faune spécifiques. La phytosociologie\* étudie les associations végétales liées aux habitats et identifie plus particulièrement les cortèges d'espèces végétales caractéristiques\* qui présentent un développement optimal en présence de certains facteurs abiotiques (du milieu physique et chimique). En particulier, les travaux d'Ellenberg et Julve (Ellenberg H., 1991 & Julve P., 1998) ont permis de caractériser les besoins et les préférences d'un grand nombre d'espèces végétales à travers 10 indices abiotiques :

- lumière,

---

<sup>4</sup> Les mots suivis d'une astérisque sont définis dans un glossaire en fin de volume.

<sup>5</sup> Voir la note de recherche CPDT n°34 et le rapport de la première année de subvention de la recherche.



- température,
- continentalité,
- humidité atmosphérique,
- humidité édaphique\*,
- réactivité du sol (pH),
- richesse du sol en nutriment,
- salinité,
- texture\* du sol,
- matière organique et type d'humus.

Par ailleurs, au sein d'un écosystème, les habitats évoluent avec le développement de la végétation et l'activité des organismes qui l'occupent. Concrètement, en l'absence de fortes pressions de pâturage, les prairies évoluent spontanément en friches où émergent progressivement quelques espèces ligneuses. La densité et la croissance de ces espèces ligneuses augmentant, ces friches évoluent spontanément en forêts. Ces forêts elles-mêmes vieillissent et donnent lieu à la présence d'arbres morts et de clairières formées par des chablis. La dynamique naturelle d'un écosystème conduit ainsi à une augmentation de sa complexité et de la biomasse qu'il comporte.

Cette évolution entraîne des modifications des conditions écologiques au sein de l'écosystème et, en conséquence, certaines associations végétales sont successivement favorisées par rapport à d'autres. L'habitat et les espèces animales et végétales s'influencent donc mutuellement au cours de cette dynamique écosystémique.

On parlera plus exactement de « dynamiques écosystémiques co-évolutives » en raison du rôle particulier que l'homme remplit dans cette dynamique évolutive, rôle qui a lui-même évolué au fil des siècles avec les caractéristiques culturelles et les pratiques et la vision de la nature qui y sont attachées. Ainsi, dans notre culture occidentale post-moderne, l'homme est relativement détaché du reste de la nature et se pose généralement en propriétaire/gestionnaire de l'espace et de la nature. Dès lors, les évolutions spontanées des habitats sont la plupart du temps contrecarrées en vue d'une organisation de l'espace structurée et figée et les fonctionnalités d'un écosystème sont largement définies par les services qu'il peut rendre à l'homme.

Actuellement, il y a lieu de s'interroger sur ce rôle particulier de l'homme et sur la nature qu'il choisira de préserver dans la mesure où, que ce soit en vue d'intérêts économiques ou pour des raisons de conservation des espèces, les gestions qu'il opère font aujourd'hui de lui le principal agent perturbateur des dynamiques écosystémiques.

### 3.2 Typologie EcoDyn<sup>6</sup>

La première phase de la recherche a permis de mettre au point une typologie des écosystèmes, rassemblant à la fois les habitats « naturels » et ceux étant plus ou moins fortement influencés par l'homme, qui intègrent les dynamiques écosystémiques co-évolutives. Cette typologie des habitats, baptisée EcoDyn, a été développée au sein d'une structure hiérarchique relative à l'échelle à laquelle on observe le territoire. Les niveaux hiérarchiques vont de celui des écomplexes\*, le plus général, à celui de maillage qui constitue le niveau de détail le plus précis. Les niveaux intermédiaires des écosystèmes (liés à des conditions écologiques particulières) et des habitats (associations végétales à un stade\* particulier de la dynamique écosystémique) forment la typologie EcoDyn qui a servi de base au modèle prédictif des climax écosystémiques.

---

<sup>6</sup> Pour une présentation détaillée de cette typologie dans sa première version, se référer à : Hendrickx S. et Van der Kaa C. (2012) Dynamiques écosystémiques co-évolutives : proposition de typologie fonctionnelle des milieux. Note de Recherche CPDT n° 34, 52 p.

Cette typologie a été réalisée en analysant différentes références existantes en matière de classement des habitats écologiques. Les espèces caractéristiques propres à ces habitats ont été encodées dans un système de base de données en ligne<sup>7</sup>, de façon à y associer les indices abiotiques d'Ellenberg et Julve. Les paramètres abiotiques optimaux de chaque habitat ont été obtenus en faisant la moyenne des indices propres à leurs espèces caractéristiques. Ensuite, une analyse de la variance a permis de déterminer que les principaux paramètres des habitats influençant leur cortège végétal sont l'humidité du sol (ou niveau hydrique) et la richesse du sol en nutriments (ou niveau trophique\*). Ces deux critères ont servi de base à l'organisation de la typologie et à l'identification des dynamiques écosystémiques naturelles. Les autres paramètres expliquant la différenciation des écosystèmes, à savoir la matière organique du sol et sa réactivité, ont été réunis au sein d'un critère de « contexte écologique ».

La typologie EcoDyn structure ainsi les conditions abiotiques selon 3 dimensions : le contexte écologique, le niveau hydrique et le niveau trophique. Ces trois dimensions ont été organisées pour permettre la distinction de 18 écosystèmes naturels :

- l'écosystème alluvial ou fontinal\* aquatique oligo-mésotrophe\* (AAO) ;<sup>8</sup>
- l'écosystème alluvial ou fontinal aquatique méso-eutrophe\* (AAP) ;
- l'écosystème alluvial ou fontinal hygrophile\* oligo-mésotrophe (ADO) ;
- l'écosystème alluvial ou fontinal hygrophile méso-eutrophe (ADP) ;
- l'écosystème alluvial ou fontinal hydrocline\* oligo-mésotrophe (AHO) ;
- l'écosystème alluvial ou fontinal hydrocline méso-eutrophe (AHP) ;
- l'écosystème tourbeux\* ou paratourbeux\* hygrophile oligo-mésotrophe (TDO) ;
- l'écosystème tourbeux ou paratourbeux hygrophile oligo-mésotrophe (THO) ;
- l'écosystème neutro-acidocline\* mésophile\* oligo-mésotrophe (NMO) ;
- l'écosystème neutro-acidocline mésophile méso-eutrophe (NMP) ;
- l'écosystème neutro-acidocline xérocline\* oligo-mésotrophe (NSO) ;
- l'écosystème neutro-acidocline xérocline méso-eutrophe (NSP) ;
- l'écosystème neutro-acidocline xérophile\* oligo-mésotrophe (NXO) ;
- l'écosystème calcicole\* mésophile oligo-mésotrophe (CMO) ;
- l'écosystème calcicole mésophile méso-eutrophe (CMP) ;
- l'écosystème calcicole xérocline oligo-mésotrophe (CSO) ;
- l'écosystème calcicole xérocline méso-eutrophe (CSP) ;
- l'écosystème calcicole xérophile oligo-mésotrophe (CXO) ;

Chaque écosystème naturel englobe l'ensemble de la série évolutive d'une dynamique liée à des paramètres abiotiques déterminés<sup>9</sup>. Les habitats y sont distingués sur le plan de leur position au sein de la série évolutive ainsi que par rapport à d'autres variables non prises en compte par les indices abiotiques : dimensions et turbidité des cours d'eau, pentes fortes, sols schisteux famenniens, podzols\*...

Les séries évolutives sont présentées en détail en annexe (p. 62).

<sup>7</sup> <http://www.econet.ulg.ac.be/biogeonet/>

<sup>8</sup> Par facilité de langage, nous parlerons ici d'écosystèmes alluviaux ou fontinaux bien que ceux-ci peuvent comprendre des écosystèmes humides et très humides qui ne sont pas situés en fond de vallées ou à proximité d'une source mais dont l'humidité n'est pas non plus liée à la présence d'un sol organique. Cette humidité peut correspondre à la présence d'une nappe perchée ou d'un drainage naturel relativement faible.

<sup>9</sup> A noter que les écosystèmes souterrains n'entrent pas en compte dans la démarche de modélisation des climax écosystémiques en raison de l'absence de végétation et du caractère aléatoire de la formation de ces écosystèmes.

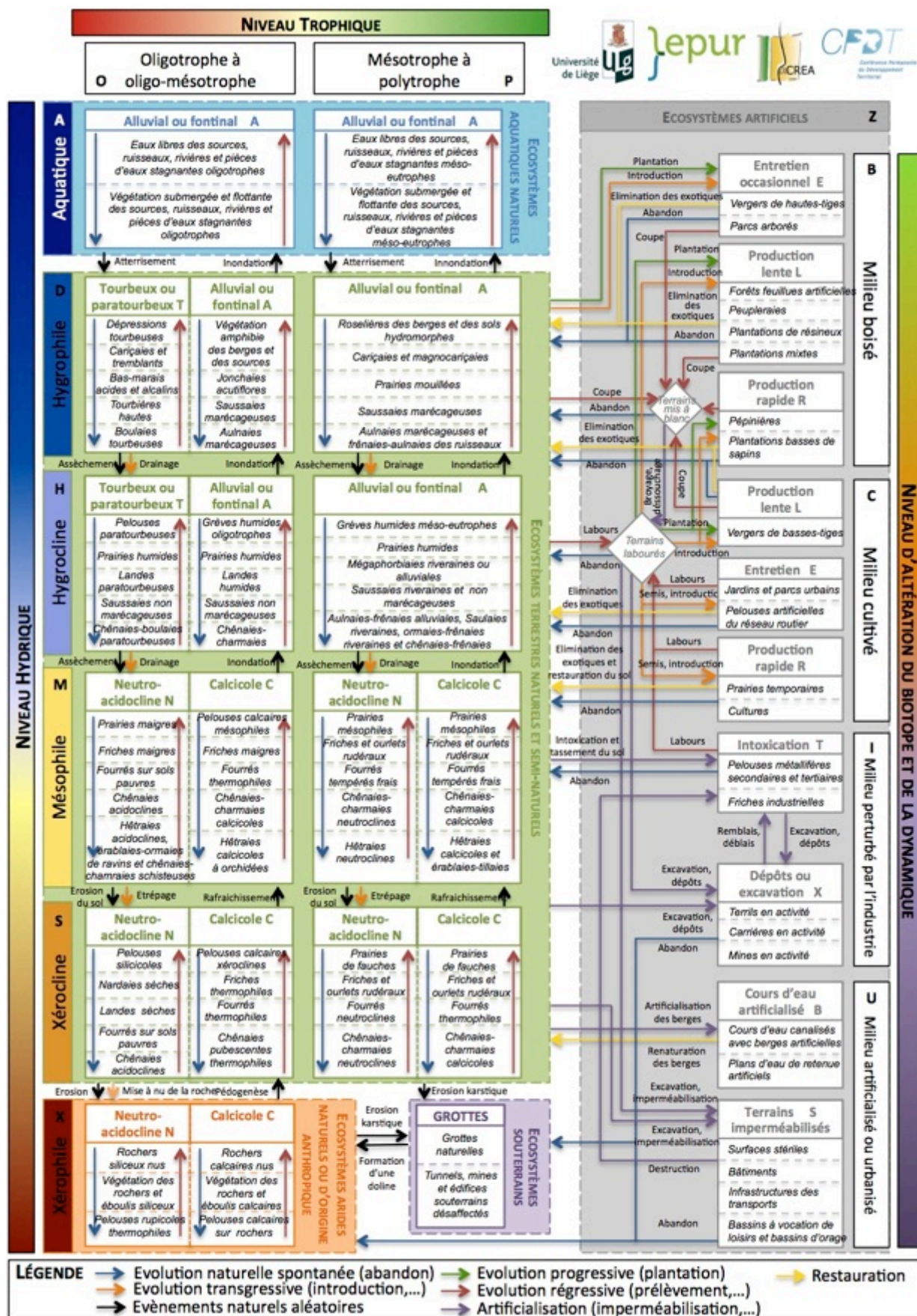


Figure 1 : Schéma de fonctionnement de la typologie EcoDyn.



En regard de ces écosystèmes et habitats naturels, analysés sur base de leurs préférences abiotiques, la typologie inclut d'autres formes d'habitats dont la présence est induite par les activités humaines plutôt que par les paramètres physico-chimiques du milieu. La distinction de ces habitats artificiels repose alors sur l'identification des facteurs issus des pratiques anthropiques qui altèrent ces paramètres abiotiques ou perturbent la dynamique naturelle. Ces facteurs de perturbation ont été catégorisés en fonction de leur impact plus ou moins important et selon le caractère plus ou moins durable de celui-ci : semis, plantation, prélèvement, introduction d'espèces, dépôts et excavation, intoxication et tassement du sol, artificialisation des berges, et imperméabilisation du sol.

Ainsi, alors que les habitats subissant des perturbations anthropiques fortes voire majeures (en particulier l'espace agricole et tout particulièrement les cultures intensives) sont souvent exclus de la réflexion sur la préservation de la biodiversité, ces espaces sont considérés ici comme parties intégrantes des milieux présents sur le territoire et supports potentiels en termes de biodiversité.

### **Typologie EcoDyn : codification**

Les écosystèmes et les habitats naturels de la typologie EcoDyn sont associés à un code permettant de situer ceux-ci parmi les lignées climaciques. Ce code est constitué de 3 caractères correspondant aux 3 dimensions structurelles de la typologie : le contexte écologique, le niveau hydrique et le niveau trophique. Ces 3 caractères permettent d'identifier un écosystème particulier.

#### **Contexte écologique**

A : Alluvial ou Fontinal  
T : Tourbeux ou paratourbeux  
N : Neutro-acidocline  
C : Calcicole

#### **Niveau hydrique**

A : Aquatique  
D : Hygrophile  
H : Hygrocline  
M : Mésophile  
S : Xérocline  
X : Xérophile

#### **Niveau trophique**

O : Oligotrophe\* à oligo-mésotrophe  
P : Mésotrophe à polytrophe

A la suite de ces 3 caractères, et séparés de ceux-ci par un point, un chiffre fait référence au stade d'évolution d'un habitat au sein d'une lignée climacique\*. Lorsque plusieurs habitats correspondent à un même stade et aux mêmes paramètres abiotiques, ceux-ci sont distingués par une lettre, placée à la suite de ce chiffre.

#### **Stade évolutif**

0 : Stade initial (Sol nu)  
1 : Stade pionnier  
2 : Colonisation des milieux ouverts  
3 : Maturation des milieux ouverts  
4 : Vieillessement des milieux ouverts  
5 : Transition forestière  
6 : Maturation forestière  
7 : Vieillessement forestier

Ecosystème			Habitat	
<b>N</b>	<b>M</b>	<b>O</b>	<b>7</b>	<b>a</b>
Contexte écologique	Niveau hydrique	Niveau trophique	Stade évolutif	Variante d'habitat

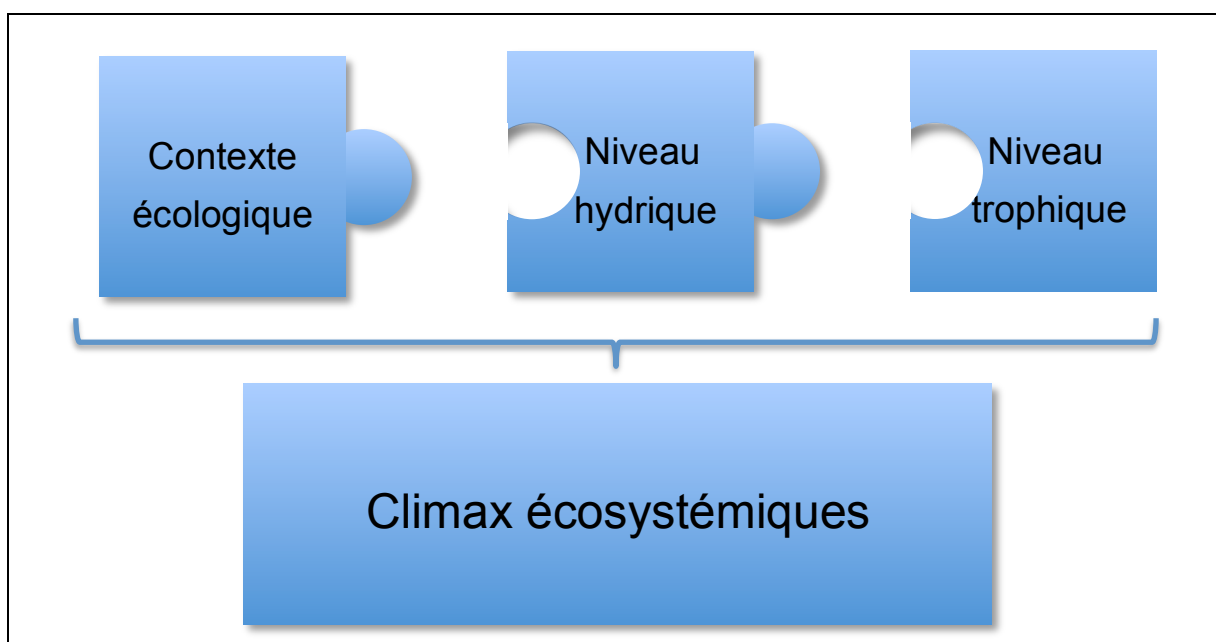
## 4. MODELISATION DES CLIMAX ECOSYSTEMIQUES

### 4.1 Considérations générales relatives au concept de climax

La notion de climax doit ici être entendue au sens de « climax stationnel\* » ou encore « paraclimax\* », à savoir l'état d'équilibre, métastable à notre échelle d'observation, atteint par un habitat ou un écosystème au sein d'un biotope dont les caractéristiques physico-chimiques sont déterminées. Dans les faits, l'évolution d'un habitat ou d'un écosystème dépend à la fois de l'influence de l'homme et d'une modification spontanée du biotope liée à l'installation d'un habitat ou d'un autre. Des événements aléatoires, liés notamment au climat, peuvent le cas échéant influencer les dynamiques écosystémiques. C'est le cas lorsque des pluies exceptionnelles provoquent des crues inhabituelles qui transforment physiquement un biotope, ou encore lorsqu'une tempête abat la végétation arborescente d'un biotope, le repositionnant à un stade plus juvénile dans sa lignée évolutive. Dans les cas extrêmes, l'habitat peut même être propulsé sur une autre trajectoire dynamique.

Lorsque l'écosystème atteint un équilibre, ce n'est donc pas un stade particulier d'une dynamique qui est représenté sur le territoire mais un complexe, dominé par le stade ultime (le plus souvent forestier) de la série évolutive, qui comporte, aléatoirement répartis dans l'espace, différents stades de cette dynamique.

La modélisation cartographique des climax écosystémiques doit donc être comprise comme étant la localisation de ces complexes climaciques, sans que le modèle préjuge du stade évolutif atteint localement.



**Figure 2 : Principe général du modèle prédictif des climax écosystémiques**

## 4.2 Modélisation : principes de base

La modélisation des climax est obtenue par la combinaison de trois modélisations primaires relatives respectivement au contexte écologique, au niveau hydrique et au niveau trophique du territoire, à l'échelle du 1/10.000, pour l'ensemble du territoire régional. Chacune de ces modélisations thématiques possède un lien direct de correspondance avec la typologie des habitats EcoDyn. La combinaison des modélisations primaires est opérée de manière à recomposer les codes complets et spécifiques de la typologie des écosystèmes, lesquels peuvent alors être cartographiés. Cette opération converge fortement avec la méthodologie suivie dans le « Guide de boisement des stations forestières de Wallonie »<sup>1</sup>, ouvrage qui synthétise les connaissances actuelles en matière de comportement des essences à l'égard des paramètres stationnels\* et qui, similairement à la méthodologie ECODYN, base le diagnostic premièrement sur une échelle hydrique et secondairement sur une échelle trophique.

### Caractérisation des principaux indices abiotiques

Il est nécessaire, dans le cadre de la démarche, de constituer un jeu de données territoriales nécessaires et suffisantes.

La caractérisation du degré vraisemblable d'humidité du sol, principal déterminant des écosystèmes<sup>2</sup>, s'appuie sur diverses caractéristiques pédologiques (texture, drainage\*, profondeur, pierrosité) qu'il est possible d'extraire de la carte numérique des sols de Wallonie. D'autres données sont également mobilisées telles que le relief et l'hydrographie.

La reconstruction du critère de la richesse en nutriments est plus délicate et nécessite d'importants choix méthodologiques<sup>3</sup>. En effet, pour les écosystèmes terrestres, la richesse du sol en nutriments est étroitement liée aux pratiques agricoles et sylvicoles. La chimie et la structure des sols tels qu'ils étaient avant l'intensification de l'agriculture nous sont inconnues. Les données disponibles (par exemple le phosphore sous cultures ou sous prairies) sont souvent plus révélatrices des pratiques productives que des conditions abiotiques de base de la station. Dans la perspective de modéliser les écosystèmes climaciques, il conviendrait de faire abstraction de l'état anthropisé de ce critère et de n'intégrer les valeurs observées sur le terrain dans les zones de cultures, de prairies et sous couvert forestier que dans l'analyse ultérieure du diagnostic de l'état actuel du territoire. Cependant, le caractère durable et difficilement réversible de l'eutrophisation des sols justifie le choix de baser la modélisation sur cet état anthropisé. En effet, alors que le drainage d'une plaine alluviale nécessite un entretien régulier sous peine d'un retour rapide et spontané aux conditions d'humidité naturelle, le retour aux conditions d'acidité et de richesse en nutriments d'une terre ayant été longuement eutrophisée est un processus lent qui nécessite des années de pratiques extensives.

---

<sup>1</sup> WEISSEN, BRONCHART, PIRET, MRW, 1994.

<sup>2</sup> Hendrickx S. et Van der Kaa C. (2012) Dynamiques écosystémiques co-évolutives : proposition de typologie fonctionnelle des milieux. Note de Recherche CPDT n° 34, 52 p

<sup>3</sup> Une étude menée par l'INRA pour les milieux forestiers (Aubert M., Bergès L., Jabiol B., 2007) conclut à l'intérêt des indices de pH, du taux de saturation en cations du complexe absorbant et du rapport carbone/azote pour prédire la richesse du sol en nutriments. Ces indicateurs seraient même aussi bons voire meilleurs que les indices R et N d'Ellenberg. Cette voie alternative n'est cependant pas applicable en Région Wallonne en raison d'un manque de données quant au taux de saturation en cations du complexe absorbant et du rapport carbone/azote.



### Formats de données : vectoriel ou raster

Le format **vectoriel** représente les données cartographiques au moyen de points, de lignes ou de polygones. Chacun de ces éléments est référencé dans une base de données, qui permet d'y associer différents attributs qualitatifs ou quantitatifs. La précision des données est liée à l'échelle utilisée pour la levée des informations sur le terrain.

La combinaison des données au format vectoriel est effectuée par une superposition entre éléments géométriques de même type. Cette superposition entraîne la division des éléments qui ne sont pas identiques d'une couche par rapport à une autre. Par exemple, lorsque les polygones de deux couches différentes sont croisés, de nouveaux polygones sont générés : les parties de polygones qui se superposent se combinent et gardent les attributs de chaque couche, tandis que les autres parties forment de nouveaux polygones qui ne conserveront que les informations de la couche dont ils sont issus. Ainsi, la combinaison de données au format vectoriel de type polygonal permet de conserver les informations des couches initiales avec beaucoup de précision, mais elle résulte en un nombre accru de polygones. Cette augmentation du nombre de polygones peut le cas échéant alourdir les traitements informatiques ultérieurs, au gré des combinaisons successives.

Le format **raster**, ou cellulaire, représente les données de terrain sous forme de pixels ayant une maille définie au préalable. Chaque pixel est associé à une valeur chiffrée pouvant représenter une valeur continue ou une classe. La précision d'une couche raster dépend de la résolution choisie pour celui-ci, c'est à dire de la taille du pixel. Au plus le pixel est petit, au plus la précision de la couche est élevée. Le croisement des couches raster est généré par des opérations mathématiques entre les valeurs associées aux pixels localisés au même endroit. La résolution du raster obtenu par ce croisement est identique à celui des rasters initiaux (ou du moins précis d'entre eux lorsque les résolutions diffèrent). Seule l'étendue des valeurs chiffrées change selon les opérations mathématiques mises en œuvre, mais sans augmenter sensiblement la complexité de la couche d'information.

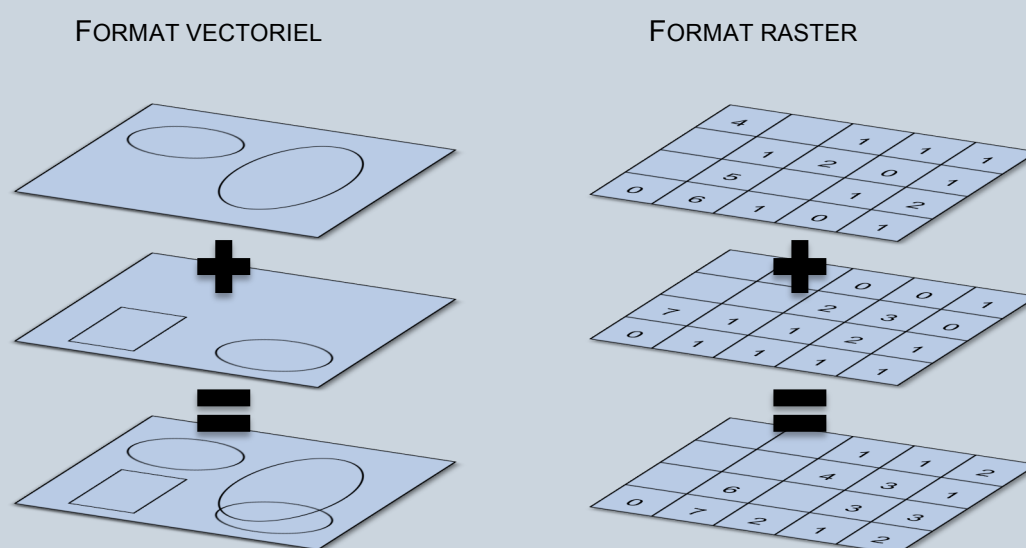


Figure 3 : Combinaison de deux couches d'information au format vectoriel et au format raster.

Le niveau trophique d'un sol est également influencé par diverses caractéristiques de celui-ci (développement de profil, charge en éléments grossiers). En outre, dans le cas des sols tourbeux, le matériau peut être directement associé à un faible niveau trophique.

### **Méthodologie de combinaison des données**

Les données cartographiques disponibles se présentent sous deux formats différents : raster\* ou vectoriel\*. On parle généralement de couches d'information géographiques.

La combinaison des données géographiques liées à la pédologie, à la géologie, au relief ou au climat a été réalisée suite à une conversion de ces données au format raster. La résolution adoptée pour ces rasters est de un pixel par 100 mètres carrés, c'est-à-dire une maille comportant des cellules de 10 mètres sur 10 mètres. La maille de ces différents rasters est calée à l'identique de façon à ce qu'ils se superposent parfaitement.

Le résultat final du croisement de ces différents rasters a été ensuite reconverti au format vectoriel, puis croisé avec les données topographiques issues de l'IGN (hydrologie présence de rochers), données qui ont été conservées au format vectoriel afin d'en préserver les détails. Les données sont enfin soumises à un lissage afin de corriger l'aspect orthogonal hérité du format raster et de conférer un aspect plus naturel aux contours. La précision des informations obtenues est cependant préservée et correspond essentiellement à la précision des données de base utilisées pour établir le modèle prédictif (raster aux cellules de 100 m<sup>2</sup> et carte pédologique levée au 1/5.000).

### **Méthodes d'extrapolation**

Le relevé des données relatives au milieu abiotique est conditionné par l'occupation actuelle du sol et n'est en général pas disponible pour les espaces artificialisés tels que les agglomérations, ni pour les camps militaires d'Elsenborn, Marche-en-Famenne et Lagland. Une extrapolation statistique des données a donc été réalisée afin d'obtenir une couverture complète du territoire régional. Cette extrapolation est basée sur la méthode du voisin le plus proche ou celle de krigeage ordinaire.

Il est important de garder à l'esprit qu'en raison de la valeur statistique du résultat de ces extrapolations, au plus les données sont extrapolées à distance des données de base, au plus le risque qu'elles ne reflètent pas correctement la réalité de terrain s'accroît.

#### ***Données de la carte numérique des sols de Wallonie***

Pour les données issues de la Carte Numérique des Sols de Wallonie, deux techniques d'extrapolation ont été opérées successivement : une extrapolation sur courte distance et une extrapolation sur longue distance.

L'extrapolation sur courte distance est réalisée au moyen de l'outil *Focal Statistics* du module *Spatial Analyst* de ArcGIS. Il s'agit d'une extrapolation tenant compte de toutes les valeurs situées dans un rayon de 30 mètres (soit 3 cellules du raster) autour de la cellule dont on souhaite connaître la valeur. Parmi toutes les valeurs identifiées, la méthode retient la valeur représentée majoritairement et l'applique à la cellule concernée. Cette extrapolation permet de combler les vides présentant une largeur inférieure à 60 mètres.

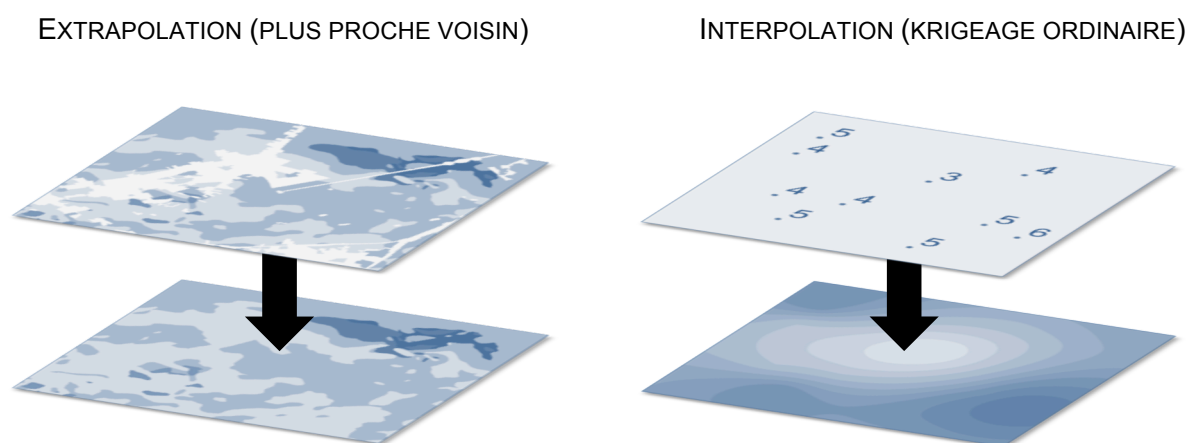
L'extrapolation sur longue distance est réalisée au moyen de l'outil *Nibble* du module *Spatial Analyst* de ArcGIS. Cet outil opère un « grignotage » des cellules vides en leur attribuant la valeur de la cellule la plus proche (méthode du plus proche voisin). Cette méthode présente l'inconvénient majeur d'extrapoler de la même manière les valeurs présentes majoritairement à proximité des cellules vides concernées et les valeurs minoritaires qui souvent ne devraient former que des éléments réduits. Pour limiter cet inconvénient, un pré-traitement des couches d'informations a été effectué en séparant les districts pédologiques\* les uns des autres et en y conservant uniquement les valeurs majoritaires. Le grignotage est ainsi répété dans chaque district pédologique en y extrapolant uniquement les valeurs majoritairement représentées. Dans certains cas, lorsqu'une seule valeur est majoritairement présente dans un district, elle est la seule retenue pour combler les lacunes présentes dans ce district. Une fois cette opération effectuée pour chacun des districts, un second passage a été réalisé pour extrapoler les valeurs présentes au niveau des zones alluviales aux lacunes présentes en leur sein, la nature du sol étant généralement particulièrement influencée par le caractère alluvial.

Les résultats de ces deux techniques d'extrapolation ont été combinés aux données de base en donnant priorité d'abord à ces dernières, ensuite au résultat de l'extrapolation sur courte distance, et enfin à celui de l'extrapolation à longue distance.

### **Données de l'IPRFW et de REQUASUD**

Pour les données issues de l'IPRFW et de REQUASUD, la méthode d'extrapolation utilisée est la méthode du Krigeage ordinaire. Cette méthode permet, sur base d'un échantillon de points associés à des valeurs continues, de calculer une interpolation géostatistique de ces valeurs. Les valeurs attribuées aux cellules situées entre les points de l'échantillon de départ sont des estimations linéaires calculées sur base de l'espérance mathématique et de la variance des données spatiales. Il s'agit d'une interprétation de la variance de l'échantillon et de la distance qui sépare les points entre eux.

Le résultat issu de cette extrapolation est ensuite combiné aux données de base converties en raster en donnant priorité à ces dernières.



**Figure 4 : Comparaison des méthodes d'extrapolation d'un raster où les cellules vides sont remplacées par la valeur des cellules voisines les plus proches et d'interpolation par krigeage ordinaire où la valeur des cellules est estimée sur base de la valeur de points de relevés et de la distance par rapport à ces points.**



### 4.3 Données de base : sources, commentaire, mode de valorisation

#### Hydrologie

Dans le cadre de la modélisation des climax, seuls les habitats aquatiques lotiques\* (cours d'eau) font l'objet d'une cartographie. Aucun climax n'est effectivement associé aux eaux libres stagnantes en Wallonie. Les plans d'eau considérés ici sont dès lors limités aux plans d'eau de retenue, assimilés à des surfaces naturelles telles que celles qui pourraient être obtenues suite à des glissements de terrain, l'action des castors... et qui constituent des réservoirs d'eau pour le réseau hydrologique en aval. Les autres plans d'eau (étangs, mares, bassins d'orage, douves, bassins de décantation, plans d'eau de carrière... ainsi que bras morts et noues des rivières) ne sont pas considérés comme des écosystèmes climaciques (au contraire des zones marécageuses). L'évolution naturelle de ces milieux conduit spontanément à un atterrissement formant un marécage, assimilé à un écosystème terrestre dans la typologie ECODYN.

Les cours d'eau sont responsables de dynamiques particulières liées à l'érosion qu'ils génèrent et à leur déplacement subséquent. Ces dynamiques s'opèrent au sein des lits majeurs où peuvent se déployer l'ensemble des habitats de l'écosystème riverain. Si ces lits majeurs peuvent être modélisés sur base du relief actuel, il est difficile en revanche de prévoir les évolutions naturelles des cours d'eau.

Les principaux cours d'eau présents en Wallonie ont été extraits de l'IGN top10v<sup>4</sup> sous forme vectorielle. Certains de ces cours d'eau, représentés par des polygones, ont été conservés tels quels. Les cours d'eau d'écoulement permanent ayant une largeur supérieure ou égale à trois mètres, et représentés par des segments de droite, ont été convertis en polygones par l'ajout d'une zone tampon proportionnelle à leur largeur réelle.

Les voies d'eau artificielles, qui correspondent aux canaux entièrement construits par l'homme, ont été exclues de la cartographie afin de ne conserver que les cours d'eau naturels de Wallonie. Les interruptions dans leur tracé, provenant de la représentation cartographique des ponts et des écluses, ont été effacées avec l'aide de l'outil *Aggregate Polygons* du module *Cartography* d'ArcGIS.

Enfin, différentes données caractérisant les cours d'eau en Wallonie ont été obtenues sous forme de couches de points de relevés. D'une part, les données issues de la typologie des masses d'eau de la Région Wallonne caractérisent la largeur et la turbidité des cours d'eau. D'autre part, les données issues du Tableau de Bord de l'Environnement 2010 caractérisent la richesse en orthophosphates solubles (ions  $\text{PO}_4^-$ ) qui apportent une estimation du caractère trophique du réseau hydrographique. Les valeurs associées à ces relevés ont été attribuées aux tronçons des cours d'eau concernés en aval de ces relevés.

#### Relief et apports hydriques

La Wallonie dispose de plusieurs sources de données relatives au relief de son territoire.

Les données de relief utilisées dans les précédentes modélisations étaient celles de la carte IGN 1 :50.000. Actuellement, grâce à l'utilisation de l'altimétrie laser avec mesure des premiers échos (enveloppe) et derniers échos (surface), la Wallonie dispose de données plus précises :

- Le modèle numérique de surface (MNS\_2006\_2007), sous format GRID (raster), présente une résolution au sol d'un pixel par 25m<sup>2</sup>. S'agissant d'un modèle de

---

<sup>4</sup> Soit la carte topographique au 1/10.000 au format vectoriel.

surface, les altitudes fournies ne sont pas partout celles du sol (bâtiments, ponts...);

- Le modèle numérique de terrain MNT\_2006\_2007, également sous format GRID, a été développé par l'Unité d'Hydrologie et d'Hydraulique agricole de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux dans le cadre du projet ERRUISSOL. Ce modèle présente une résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup>. Il se base sur les différentes sources disponibles, de précision variable, en recourant en priorité aux plus détaillées (MNT cours d'eau > PICC > DTM-1/10.000 IGN). La précision est de 1 point par m<sup>2</sup> pour les cours d'eau navigables et non navigables de première catégorie.

**L'analyse du relief** intègre trois dimensions dans la modélisation : les altitudes, les pentes et les expositions.

Les **pentes et les expositions** sont utiles pour établir une relation à un écosystème donné via le critère d'humidité édaphique : plus un sol est sur un terrain pentu ou plus il est exposé au soleil, plus vite il sera sec.

Une pente très forte signale peut-être un affleurement rocheux ; les surfaces concernées seront donc examinées à la lumière d'autres sources de données pour vérification. Les pentes fortes sont par ailleurs associées aux écosystèmes forestiers de ravins comme les érablaies-tillaies sur pente forte. L'orientation de ces pentes est également déterminante pour discriminer les écosystèmes dits « thermophiles\* ».

Le MNT développé dans le cadre d' ERRUISSOL est utilisé pour le calcul des pentes et des expositions. Un premier traitement de lissage a été appliqué au MNT avec l'outil *Filter* du module *Spatial Analyst* de ArcGIS. Ce traitement a pour but de réduire les divergences d'altitude liées au bâti qui peuvent parfois être importantes et induire des biais dans les analyses ultérieures.

Pour obtenir les **données de pentes**, la dérivée première des données d'altitude est calculée au moyen de l'outil *Slope* du module *Spatial Analyst* de ArcGIS. Les données de pente sont alors exprimées en pourcents, puis reclassées en 8 catégories. Les seuils retenus s'appuient sur les valeurs tirées des notices phytosociologiques des cartes de végétation de Belgique. Ces seuils diffèrent de ceux retenus dans le cadre du projet ERRUISSOL<sup>5</sup> relatif à la problématique du ruissellement et qui sont plus adaptés au contexte agricole qu'à l'analyse écologique. Les différentes catégories utilisées sont les suivantes : Plat (0-4%), Pente très faible (4-6%), Pente faible (6-10%), Pente assez faible (10-20%), Pente moyenne (20-30%), Pente assez forte (30-50%), Pente forte (50-100%), Pente très forte (> 100%)<sup>6</sup>.

La présence de ponts surplombant les grands cours d'eau avec une différence d'altitude parfois relativement importante a occasionné l'apparition de plusieurs biais au niveau de ceux-ci (présence de pente forte à hauteur des ponts). Ces biais ont pu être corrigés en surimposant à la carte issues du traitement « Slope » une carte reprenant ces grands cours d'eau. Cette dernière est issue des données hydrologiques de l'IGN top10v après une conversion en raster et a permis d'attribuer la valeur « Plat (0-4%) » aux cours d'eau de grande envergure.

Le résultat de ce traitement est la **carte du relief** obtenue à une résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup>.

<sup>5</sup> Clases de pentes dans le cadre de ERRUISSOL (%) : < ou = 1, 1-3, 3-5, 5-7, 7-10, 10-15, >15.

<sup>6</sup> Remarque : un remaniement de la typologie a été réalisé en parallèle pour redistribuer les écosystèmes sur pentes fortes entre les milieux acides et basiques, comme des variantes de ces milieux, plutôt que d'en faire une catégorie à part sans distinction du caractère acido-basique.

Les **données d'exposition** ont été calculées avec l'outil *Aspect* de *Spatial Analyst* qui calcule l'orientation des pentes selon un cadran exprimé en degrés (l'exposition nord correspondant à 0° et l'exposition sud correspondant à 180°). Ces orientations sont ensuite réparties en deux catégories : un secteur chaud et ensoleillé reprenant les orientations ESE-O (112,5° à 270°) et un secteur froid et ombragé reprenant les orientations opposées (270° à 112,5°). La **carte des expositions** ainsi obtenue a été réalisée avec une résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup>.

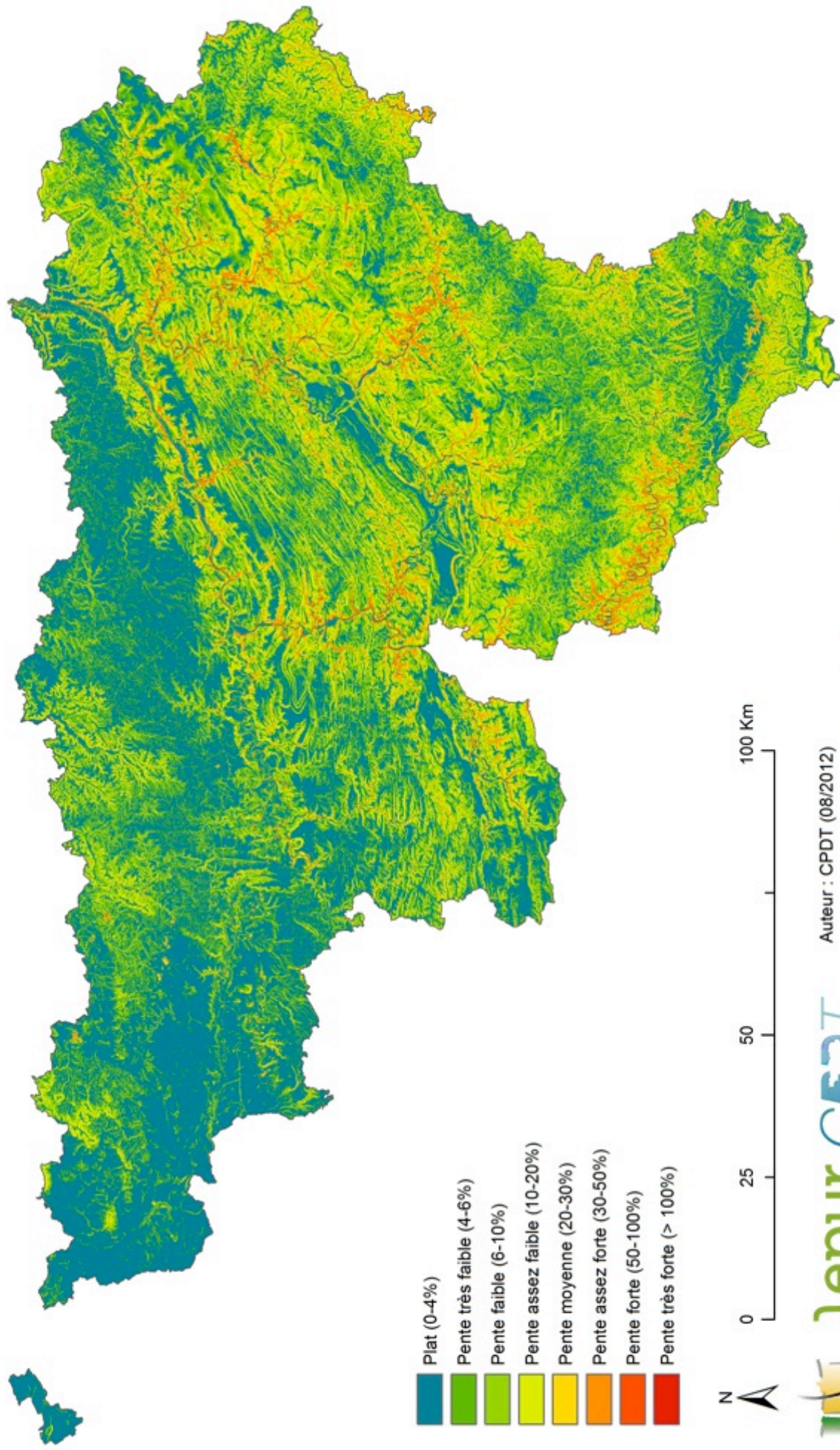
Par rapport à l'identification des écosystèmes, **l'altitude** contribue généralement à différencier les domaines atlantique et continental. Cependant, ce facteur n'a été pas jugé pertinent dans le cadre de la modélisation des climax à l'échelle de la Wallonie. En effet, les différences induites par l'altitude au sein des écosystèmes (qui peuvent être considérées comme des variantes de ceux-ci) touchent essentiellement quelques espèces de la flore herbacée, certaines étant plus typiques du domaine atlantique et d'autres plus inféodées au domaine continental. La limite entre ces deux domaines n'est cependant pas clairement établie par la communauté scientifique et se présente, dans les faits, plutôt comme une zone de transition où les espèces des deux domaines se fréquentent. Dès lors, le modèle considère les écosystèmes liés à ces deux domaines comme un seul écosystème, rassemblant potentiellement les espèces liées à ces deux variantes.

Combinées avec des données indiquant le tracé des cours d'eau, les données d'altitude connues avec précision permettent toutefois de baliser les lits majeurs de ceux-ci, au sein desquels se développent les dynamiques alluviales et riveraines. Ces données permettent également de distinguer les zones d'accumulation des eaux de ruissellement, les reliefs convexes, les versants, les plateaux et les replats qui sont différemment influencés par les apports hydriques.

Afin de délimiter les **zones alluviales**, dans un premier temps, une analyse des dénivelées a été opérée avec différents seuils sur une distance de 1 kilomètre autour des principaux cours d'eau naturels. Une dénivelée de 5 mètres a finalement été retenue afin d'identifier les lits majeurs et les bas de pentes, et une dénivelée d'1 mètre a été retenue afin d'identifier les berges plus directement inondables. Dans un second temps, certains artefacts (points en contrebas des cours d'eau au sein du buffer tels que des carrières) ont été éliminés manuellement après une conversion au format vectoriel. L'enveloppe des lits majeurs a été obtenue par suppression des zones d'exclusion liées au bâti au moyen de l'outil *Aggregate Polygons* du module *Cartography* de ArcGIS. Dans certains cas, notamment pour les zones ne présentant pas de différence d'altitude suffisante au sein de la zone tampon, des données relatives aux aléas d'inondation, issues du même MNT, ont permis de compléter les données de lits majeurs.

Les **zones d'accumulation** où se forment certains ruisseaux temporaires ont été calculées sur base du MNT à l'aide des outils *Hydrology* du module *Spatial Analyst* de ArcGIS. La courbure des pentes a été calculée sur base de la dérivée seconde des données d'altitude au moyen de l'outil *Curvature* de *Spatial Analyst*. Ce calcul a permis de distinguer d'une part des zones de convexités, souvent apparentées aux hauts de pentes et généralement synonymes d'une évacuation rapide des eaux de ruissellement, et d'autre part des zones de concavités au niveau desquelles on assiste à une accumulation des eaux de ruissellement.

# RELIEF

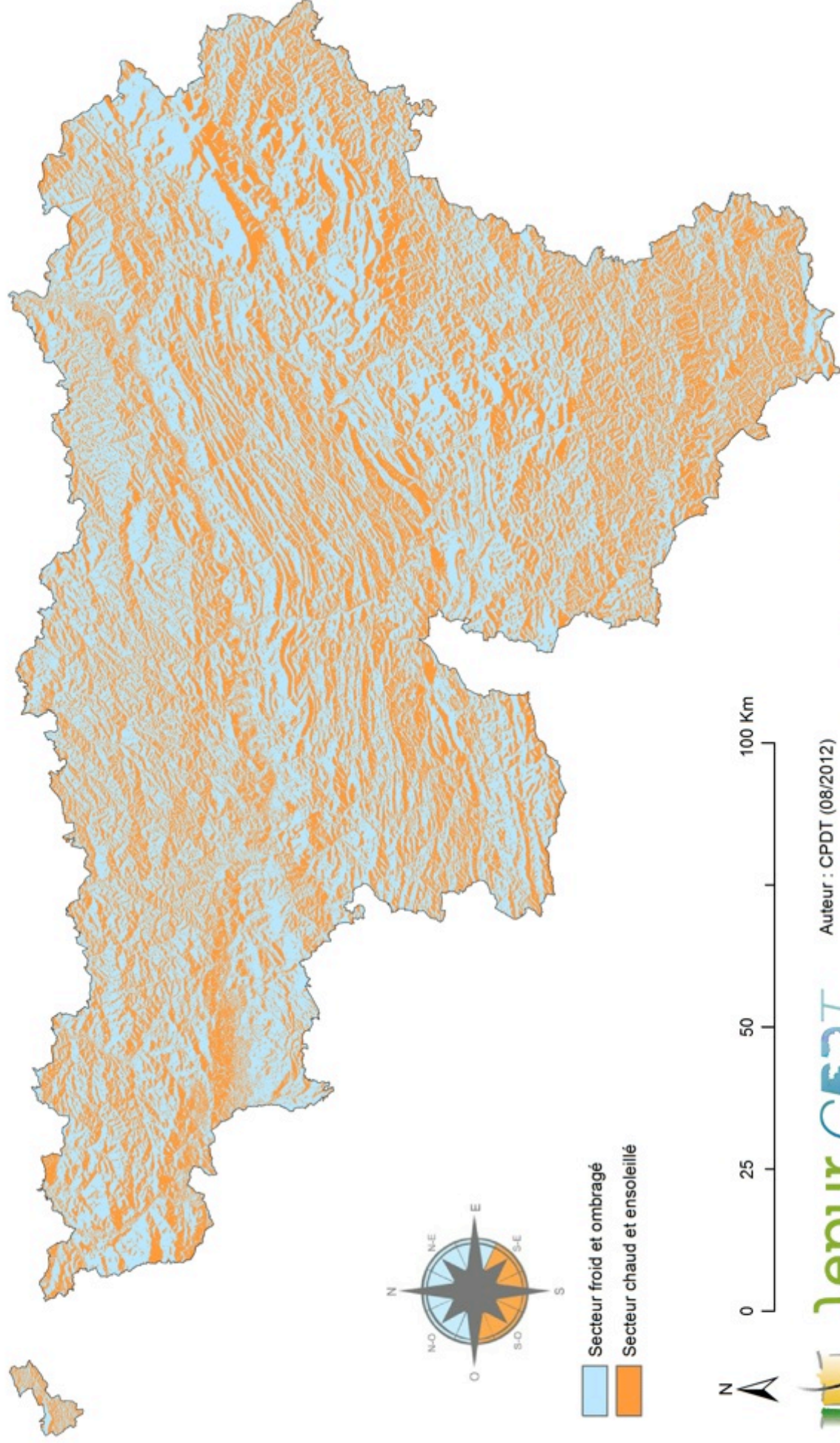



Auteur : CPDT (08/2012)

Source : Modèle Numérique de Terrain Erruissol, DGARNE  
(Unité d'Hydrologie et Hydraulique agricole de FUSAGx, 2009)



# EXPOSITION

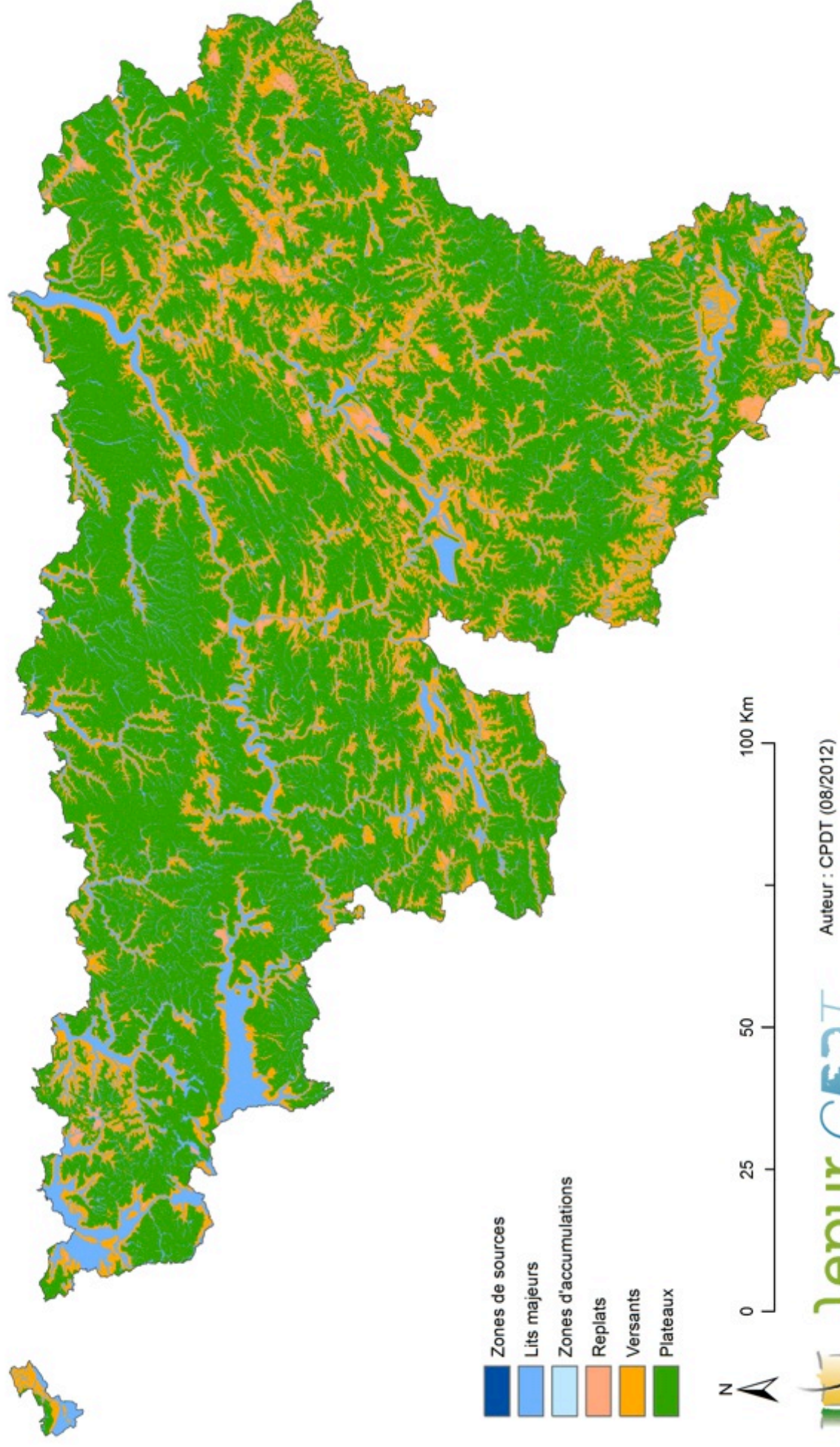



 Secteur froid et ombragé  
 Secteur chaud et ensoleillé

N  
 0 25 50 100 Km



# CONTEXTE OROHYDROGRAPHIQUE



Auteur : CPDT (08/2012)

Source : Modèle Numérique de Terrain Erruissol, DGARNE  
(Unité d'Hydrologie et Hydraulique agricole de FUSAGx, 2009)

Les **versants, plateaux et replats** ont été délimités sur base de la pente calculée auparavant ainsi que sur une différence d'altitude avec les lits majeurs modélisés. Les versants reprennent les zones où la pente est supérieure à 10% ainsi que celles où la dénivelée avec les lits majeurs est inférieure à 10 mètres. Dans les autres zones, la distinction entre les plateaux et les replats repose sur le fait que les plateaux (en ce compris les bas plateaux hesbignons) sont les éléments les plus élevés en altitude, les replats étant compris entre deux pans de versant à une altitude intermédiaire entre le lit majeur et le plateau. Cette distinction a pu être faite sur base des lignes de crêtes dérivées des districts des sous-bassins versants. Sont alors considérés comme plateaux les ensembles dont la pente est inférieure à 10% et qui croisent une ligne de crête.

Enfin, les **zones de sources**, où les apports hydriques sont élevés, intègrent simultanément les sources identifiées sur la carte IGN Top10v et les zones de source figurant sur la carte des sols.

Ces différents éléments ont été rassemblés dans la **carte du contexte orohydrologique**, obtenue à une résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup>.

## Matériaux et texture du sol

La classification des sols s'appuie prioritairement sur la nature du matériau parental présent en surface et sur la classe texturale qui dépend de la granulométrie\*. On distingue ainsi à la base les sols organiques (tourbeux ou paratourbeux) des sols minéraux. Ensuite, en fonction de leur granulométrie, ces derniers sont classés en sables, limons ou argiles. Ces trois classes présentent différents intermédiaires selon la teneur du sol en chacune de ces fractions granulométriques et peuvent également présenter une certaine teneur en éléments plus grossiers. Lorsque cette teneur en éléments grossiers est supérieure à 5%, on qualifie ces sols de caillouteux.

La Carte Numérique des Sols de Wallonie ou CNSW (2002, révision en 2008) est le document de référence en cette matière. Elle identifie bien sûr les grands types de sols (séries principales) et les sols plus particuliers, tout en différenciant d'emblée les sols des plateaux et des pentes d'une part et les sols des vallées et des dépressions d'autre part. La carte précise également un nombre élevé de caractéristiques déterminantes des sols (matériau parental, état du drainage, développement de profil...). Des versions simplifiées de cette carte ont été produites pour en faciliter l'usage, telle que la CNSW250 qui remplace l'ancienne carte des associations de sols<sup>7</sup>.

**La nature du matériau parental et la granulométrie des sols minéraux** sont importantes pour évaluer le niveau d'humidité d'un sol. Les sols organiques sont, d'une façon générale, plus humides que les autres ; les sols sableux sont, quant à eux, généralement plus secs. Les sols caillouteux sont particulièrement sensibles, en fonction de la profondeur du sol, à l'exposition des versants.

La CNSW présente, outre ces classes de texture principale, différents complexes de classes de textures qui associent deux ou trois de ces classes. Ces nombreuses classes ont été combinées entre elles en fonction des besoins de la cartographie. Les associations qui en résultent sont présentées ci-après.

---

<sup>7</sup> Le recours à la Carte des unités de l'espace rural qui s'appuie essentiellement sur la CNSW250 a été envisagé mais abandonné car ne fournissant pas l'information recherchée à un niveau de détail suffisant pour la recherche. En effet, le critère principal utilisé dans cette typologie est celui de la texture du sol, alors que la recherche actuelle privilégie le drainage.

ASSOCIATIONS	SYMBOLES	CLASSES
Sols limoneux et argileux, non caillouteux	L	Sols sablo-limoneux
	E-L-S	Complexe argileux légers, sablo-limoneux et limono-sableux
	U-L-S	Complexe argileux lourds, sablo-limoneux et limono-sableux
	L-E	Complexe sablo-limoneux et argileux légers
	A-L	Complexe limoneux et sablo-limoneux
	U-L	Complexe argileux lourd et sablo-limoneux
	A	Sols limoneux
	A-E	Complexe limoneux et argileux légers
	A-U	Complexe limoneux et argileux lourds
	E	Sols argileux légers
	U	Sols argileux lourds
Sols limoneux et argileux, caillouteux	G	Sols limono-caillouteux
	A-G-S	Complexe limoneux, limono-caillouteux et limono-sableux
	A-G	Complexe limoneux et limono-caillouteux
	G-L	Complexe limono-caillouteux et sablo-limoneux
Sols sableux et sablonneux légers	Z	Sols sableux
	S-Z	Complexe limono-sableux et sableux
	S	Sols limono-sableux
	E-Z	Complexe argileux légers et sableux
	G-Z	Complexe limono-caillouteux et sableux
	S-G	Complexe limono-sableux et limono-caillouteux
	A-S	Complexe limoneux et limono-sableux
	A-S-U	Complexe limoneux, limono-sableux et argileux lourd
	S-U	Complexe limono-sableux et argileux lourd
	P	Sols sablo-limoneux légers
Sols paratourbeux	(v)	Couverture tourbeuse de moins de 40 cm
	(v3)	Couverture tourbeuse comprise entre 20 et 40 cm
	(v4)	Couverture tourbeuse de moins de 20 cm
Sols tourbeux	V-E	Complexe tourbeux et argileux
	V	Sol tourbeux
	W	Tourbières actives

**Tableau 1 : Classement des sols selon les matériaux parentaux et la texture, utilisé pour la modélisation ECODYN sur base de la CNSW**

La distinction des sols paratourbeux fait appel à la présence d'une phase de couverture organique inférieure à 40 cm d'épaisseur.

Après le reclassement des différentes classes de sol et une extrapolation sur courte et longue distance, la carte des **Matériaux / Texture du sol** est obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup>.

## Drainage du sol

Le drainage naturel du sol est directement lié au niveau d'humidité de celui-ci. Au plus le drainage du sol est élevé, au plus le sol est sec. L'état du drainage reprend par ailleurs des informations quant à l'engorgement d'eau temporaire ou permanent d'un sol (présence ou non d'un horizon\* réduit) avec ou sans zone de battement.

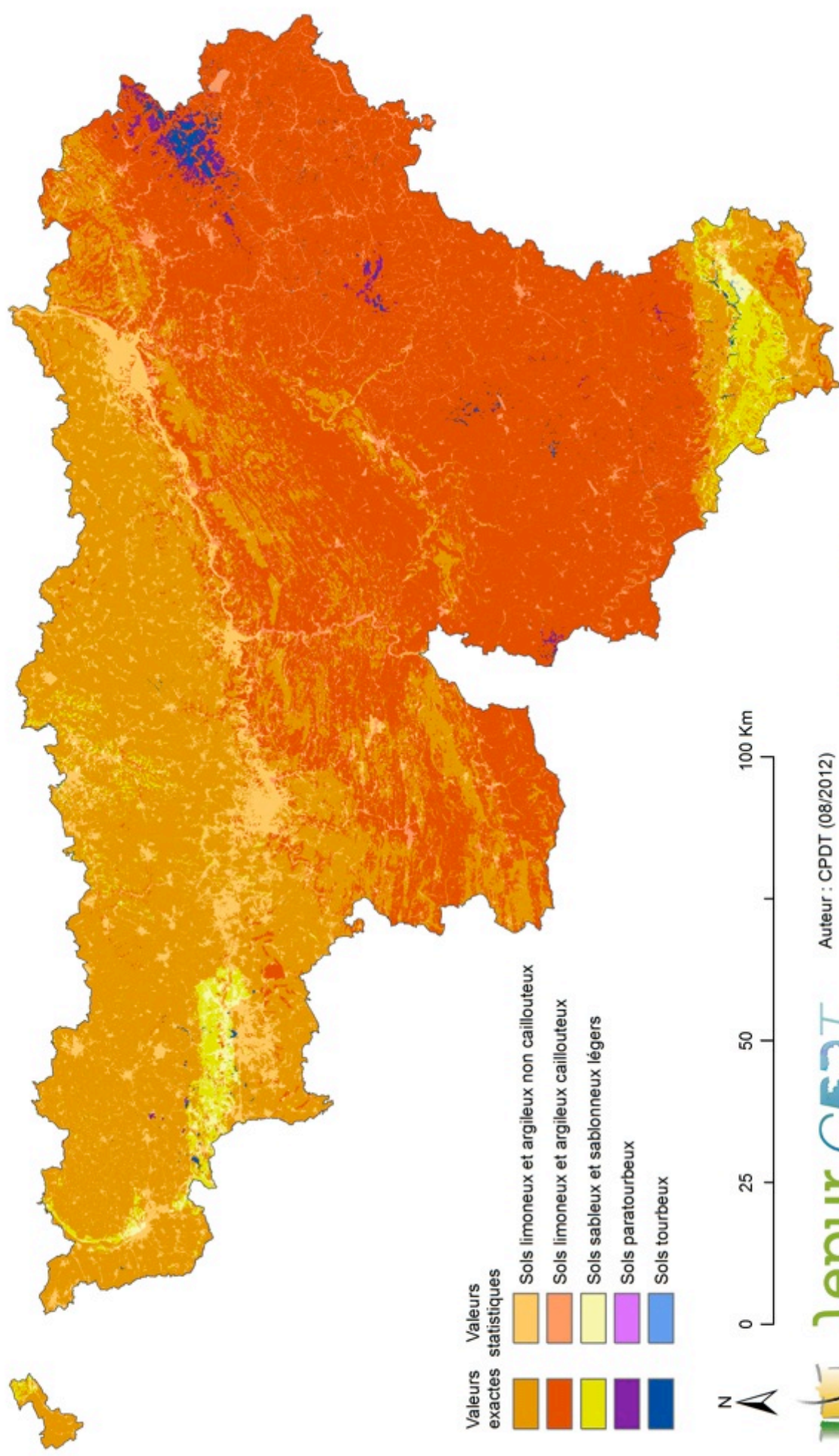
Différents complexes de classes de drainage existent également et regroupent différentes classes de drainage. Une recombinaison de l'ensemble des classes en associations a été réalisée. Après ce reclassement et extrapolation, la carte du **drainage du sol** est obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup>.

ASSOCIATIONS	SYMBOLES	CLASSES
Excessif	a	Drainage excessif
	A	Drainage excessif à imparfait (sols sableux ou sablonneux légers)
Légèrement excessif	b	Drainage légèrement excessif (sols sableux ou sablonneux légers)
	B	Drainage excessif ou légèrement excessif (sols sableux ou sablonneux légers)
Favorable	b	Drainage favorable (sols argileux ou limoneux)
	A	Drainage favorable à imparfait (sols argileux ou limoneux)
	B	Drainage excessif ou favorable (sols argileux ou limoneux)
Modéré	c	Drainage modéré
Imparfait	d	Drainage imparfait
	D	Drainage modéré ou imparfait
Assez pauvre, sans horizon réduit	h	Drainage assez pauvre, sans horizon réduit
Pauvre, sans horizon réduit	i	Drainage pauvre, sans horizon réduit
	I	Drainage assez pauvre ou pauvre, sans horizon réduit
Assez pauvre, avec horizon réduit	e	Drainage assez pauvre, avec horizon réduit
Pauvre, avec horizon réduit	f	Drainage pauvre, avec horizon réduit
	F	Drainage assez pauvre ou pauvre, avec horizon réduit
Très pauvre	g	Drainage très pauvre
	G	Drainage assez pauvre à très pauvre, avec horizon réduit

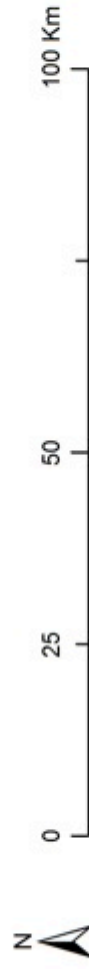
**Tableau 2 : Classement des sols selon leur drainage utilisé pour la modélisation ECODYN sur base de la CNSW**



# MATÉRIAUX / TEXTURE DU SOL

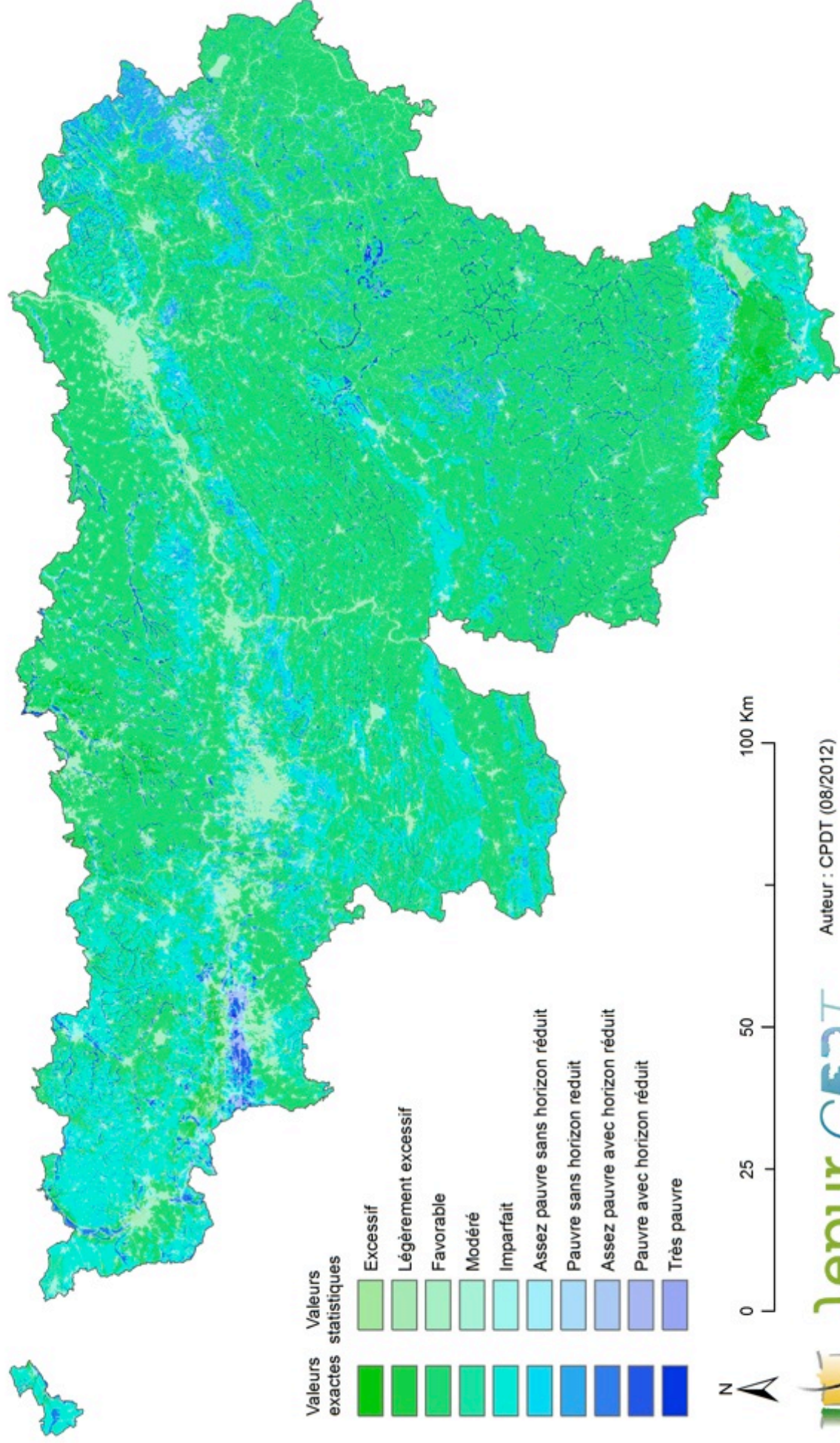


Valeurs exactes	Valeurs statistiques
	Sols limoneux et argileux non caillouteux
	Sols limoneux et argileux caillouteux
	Sols sableux et sablonneux légers
	Sols paratourbeux
	Sols tourbeux





# DRAINAGE DU SOL

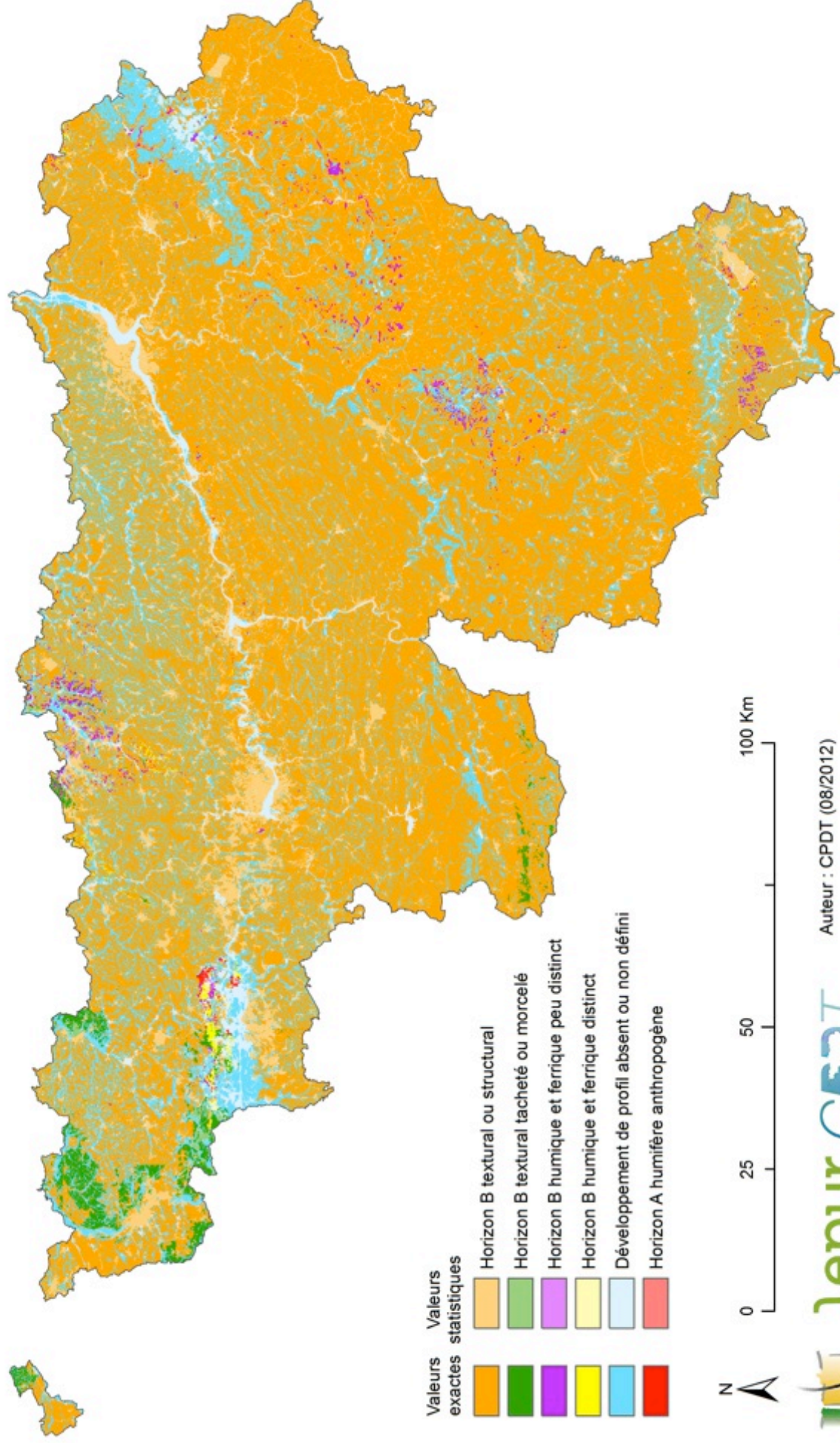


Auteur : CPDT (08/2012)

Source : Carte Numérique des Sols de Wallonie, DGARNE  
(Unité Sol - Ecologie - Territoire de FUSAGx, 2005)



# DÉVELOPPEMENT DE PROFIL DU SOL

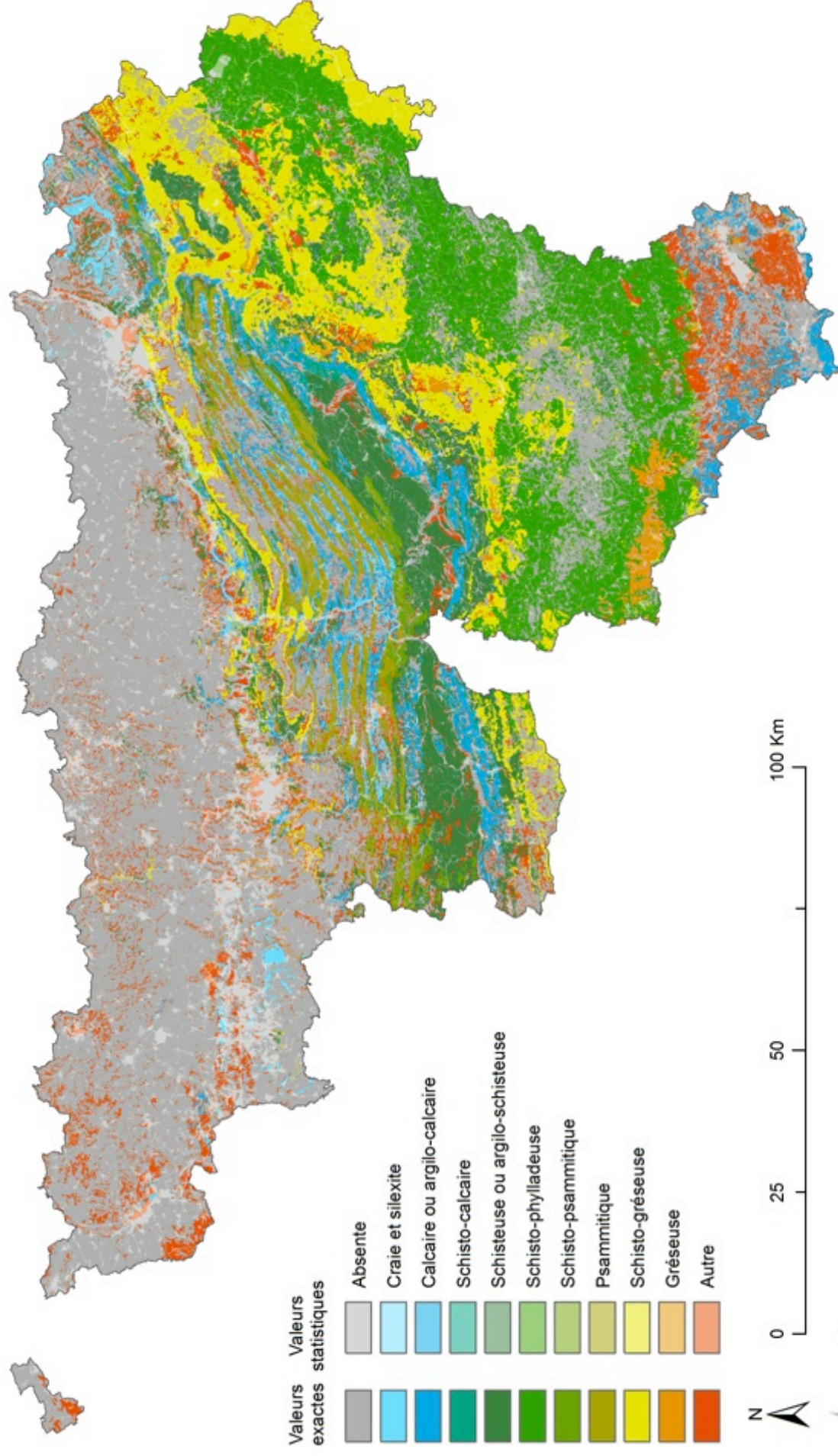


Auteur : CPDT (08/2012)

Source : Modèle Numérique de Terrain Erruissol, DGARNE  
(Unité d'Hydrologie et Hydraulique agricole de FUSAGx, 2009)



# CHARGE DU SOL EN ÉLÉMENTS GROSSIERS



Auteur : CPDT (08/2012)  
 Source : Carte numérique des sols de Wallonie DGARNE  
 (Unité Sol - Ecologie - Territoire de FUSAGx, 2005)



## Développement de profil du sol

Les profils pédologiques d'un sol résultent de la formation de celui-ci à partir du matériau parental sous l'action de différents facteurs. Les profils présentent une succession de couches horizontales appelées horizons. La succession de ces horizons est propre aux différents types de sols. La CNSW distingue 10 développements de profil différents ainsi que 3 complexes combinant plusieurs types de développements de profil. Ces différentes classes ont été recombinaées en fonction des besoins de l'analyse climacique pour la caractérisation du niveau trophique. Les profils associés à la présence de podzols, généralement liés à des sols pauvres, ont été mis en évidence, ainsi que les sols alluviaux dont le développement de profil est absent.

L'extrapolation de la couche de données a été ici accompagnée de l'ajout automatique, pour les zones blanches situées dans les lits majeurs modélisés précédemment, de la valeur « Absence de développement de profil » correspondant aux sols récents alluvionnaires\*.

Après ce reclassement et cette extrapolation, la carte du **développement de profil du sol** est obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup>.

ASSOCIATIONS	SYMBOLES	CLASSES
Horizon B textural ou structural	a	Horizon B textural
	b	Horizon B structural
	d	Horizon B textural jaune rougeâtre
	B	Horizon B textural ou structural
Horizon B textural tacheté ou morcelé	c	Horizon B textural tacheté ou morcelé
Horizon B humique et ferrique peu distinct	f	Horizon B humique ou/et ferrique peu distinct
	F	Horizon B humique ou/et ferrique peu distinct ou distinct
Horizon B humique et ferrique distinct	g	Horizon B humique ou/et ferrique distinct
	h	Horizon B humique ou/et ferrique morcelé
Développement de profil absent ou non défini	p	Absence de développement de profil
	x	Développement de profil non défini
	P	Développement de profil absent ou non défini
Horizon A humifère anthropogène	m	Horizon A humifère anthropogène épais

**Tableau 3 : Classement des sols selon leur développement de profil utilisé pour la modélisation ECODYN sur base de la CNSW**

## Nature du substrat géologique et de la charge pédologique

La cartographie des sols fournit l'information utile pour presque tout le territoire régional, mais ne précise pas la nature des affleurements rocheux ponctuels. Cette information nécessaire à la détermination de l'habitat associé doit donc être fournie par une autre source de données. En outre, il est avéré que la roche sous-jacente peut localement différer en termes de composition minéralogique de la charge caillouteuse incluse dans le sol. C'est essentiellement la distinction entre substrat calcaire ou non calcaire qui est exploitée pour évaluer la richesse trophique en un lieu.

La **nature du substrat géologique** est directement dérivée de la carte des contraintes karstiques\* de la Région Wallonne qui regroupe les roches carbonatées participant potentiellement au réseau karstique. Cette information a été croisée avec les affleurements rocheux, issus de l'IGN top10v, afin de connaître la nature calcaire ou non calcaire de ceux-ci.

ASSOCIATIONS	SYMBOLES	CLASSES
Charge de craie et/ou de silexite	n	Charge crayeuse
	nx	Charge de craie et de silexite
	x	Charge de silexite
	xt	Charge de silexite et de gravier
	N	Complexe de sols crayeux
Charge calcaire	k	Charge calcaire
	K	Charge argilo-calcaire
	km	Charge de macigno calcaire
	j	Charge de grès calcaire
	J	Bancs discontinus de grès calcaire
Charge schisto-calcaire	kf	Charge schisto-calcaire
	kr	Charge calcaro-schisto-gréseuse
	Kf	Charge schisto-argilo-calcaire
Charge schisteuse ou argilo-schisteuse	f	Charge schisteuse
	F	Charge argilo-schisteuse
Charge schisto-phylladeuse ou argilo-schisto-phylladeuse	fi	Charge schisto-phylladeuse
	FI	Charge argilo-schisto-phylladeuse
Charge schisto-psammitique	fp	Charge schisto-psammitique
Charge psammitique	p	Charge psammitique
Charge schisto-gréseuse	r	Charge schisto-gréseuse
Charge gréseuse ou argilo-gréseuse	q	Charge gréseuse
	qs	Charge de grès tertiaire
	fq	Charge quartzo-gréseuse
	rj	Charge argilo-gréseuse
Divers	d	Charge arkosique
	o	Charge de dragées de quartz
	g	Charge graveleuse
	s	Charge sablo-graveleuse
	t	Charge de gravier
	m	Charge de macigno
	c	Charge conglomératique
	l	Charge conglomératique ou graveleuse
	M	Sols développés sur macigno

**Tableau 4 : Classement des sols selon la nature lithologique de leur charge caillouteuse utilisé pour la modélisation ECODYN sur base de la CNSW**

La **charge en éléments grossiers** correspond à la nature lithologique\* de la fraction caillouteuse présente dans un sol lorsque celle-ci représente plus de 5% du sol. Dans le cas de l'analyse climacique, l'intérêt de cette charge est essentiellement de distinguer la nature calcaire ou siliceuse de celle-ci pour en déduire une plus ou moins grande richesse en calcium dans le sol.

Lorsque l'information relative à la charge en éléments grossiers n'est pas disponible, les informations relatives aux roches affleurantes ou à certains éléments des séries pédologiques spéciales ont été exploitées. Ces informations ont été classées en diverses catégories de nature lithologique de la charge : crayeuse, calcaire, schisteuse, phylladeuse, psammitique, gréseuse ou crayeuse.

Après ce reclassement et extrapolation, la carte de la **charge en éléments grossiers du sol** est obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup>.

### Profondeur et pierrosité du sol

La profondeur et la pierrosité influencent la rapidité d'assèchement d'un sol, en particulier lorsque celui-ci se trouve dans des conditions d'apports hydriques faibles ou d'exposition élevée. Les informations relatives à la profondeur dépendent de la « phase 1 » des paramètres pédologiques de la CNSW tandis que la pierrosité dépend de la « phase 2 » des paramètres pédologiques et varie selon qu'on a affaire à un sol caillouteux ou à un sol non caillouteux. Par ailleurs, les phases 5 et 6 ainsi que les séries spéciales présentent certaines informations quant aux sols dont le substrat est affleurant.

ASSOCIATIONS	TEXTURE	PHASE 1/PHASE 2*/PHASE 5 <sup>‡</sup> / PHASE 6 <sup>£</sup> /Série spéciale <sup>§</sup>
Sols profonds non caillouteux (épaisseur > 80 cm ; charge < 5%)	Non caillouteux	0, 1
Sols profonds caillouteux (épaisseur > 80 cm ; charge > 5 %)	Caillouteux	0, 1, 0_1, 0_1_2
Sols peu profonds non caillouteux (épaisseur < 80 cm ; charge < 5%)	Non caillouteux	2, 2_3
Sols peu profonds caillouteux (épaisseur < 80 cm ; charge < 50%)	Caillouteux	2, 1_2, 2_4, 7
Sols peu profonds très caillouteux (épaisseur < 80 cm ; charge > 50%)	Caillouteux	3*
Sols superficiels non caillouteux (épaisseur < 40 cm ; charge < 5%)	Non caillouteux	3
Sols superficiels caillouteux (épaisseur < 40 cm ; charge < 50%)	Caillouteux	4
Sols superficiels très caillouteux (épaisseur < 40 cm ; charge > 50%)	Caillouteux	5*
Sols très superficiels caillouteux (épaisseur < 20 cm ; charge > 15%)	Caillouteux	6
Sols à substrat affleurant	Non caillouteux	P <sup>‡</sup> , J <sup>£</sup> , A <sup>£</sup> , J <sup>§</sup> , H <sup>§</sup> , J-H <sup>§</sup>

**Tableau 5 : Classement des sols selon leur profondeur et leur charge caillouteuse utilisé pour la modélisation ECODYN sur base de la CNSW**

Ces diverses informations ont été classées en différentes associations. Après ce reclassement et cette extrapolation, la carte de la **profondeur / pierrosité du sol** est obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup>.

### Acidité du sol

La connaissance du pH permet d'opérer une distinction entre milieux acides et milieux basiques pour les écosystèmes hygroclines et plus secs pour lesquels ce critère d'acidité (R dans les indices Ellenberg) complète la distinction sur base des critères d'humidité et de richesse du sol. L'acidité d'un sol influence également grandement la disponibilité en nutriments et par conséquent la richesse trophique de celui-ci.

Les données disponibles pour évaluer l'acidité du sol concernent d'une part des relevés sous couvert forestier (IPRFW) et d'autre part des relevés sous cultures et sous prairies (base de données Aardewerk<sup>8</sup>). Ces relevés se présentent sous forme de points qui ont été extrapolés à l'ensemble du territoire wallon par Krigeage\* ordinaire.

Le résultat de cette extrapolation est la **carte de l'acidité du sol**, obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup>.

### Teneur en phosphore assimilable

Le niveau trophique du sol est lié à l'acidité et à la richesse en calcium mais le phosphore et l'azote constituent également des éléments limitants pour la croissance des plantes et déterminants pour définir le niveau trophique et caractériser l'eutrophisation d'un milieu. Malheureusement, il n'existe pas de données suffisantes quant à la teneur en azote des sols en Wallonie. Dès lors, dans cette recherche, le caractère eutrophe du sol est abordé par le biais de la seule teneur du sol en phosphore et est combiné à d'autres cartes permettant d'estimer le caractère acido-basique du sol et la teneur en calcium.

Des données de la **teneur du sol en phosphore** ont été mesurées par l'IPRFW et REQUASUD sous les trois occupations du sol (forêts pour l'IPRFW, cultures et prairies pour REQUASUD) qui les co-déterminent en partie. Néanmoins, il est apparu à l'analyse de ces données que les méthodes d'extraction et d'analyse utilisées respectivement par l'IPRFW et par REQUASUD diffèrent et conduisent à des échelles de valeur de phosphore assimilable qui sont significativement différentes. Par conséquent, ces deux jeux de données ne pouvant être assemblés, seules les données REQUASUD, qui couvrent une part plus large du territoire, ont été exploitées.

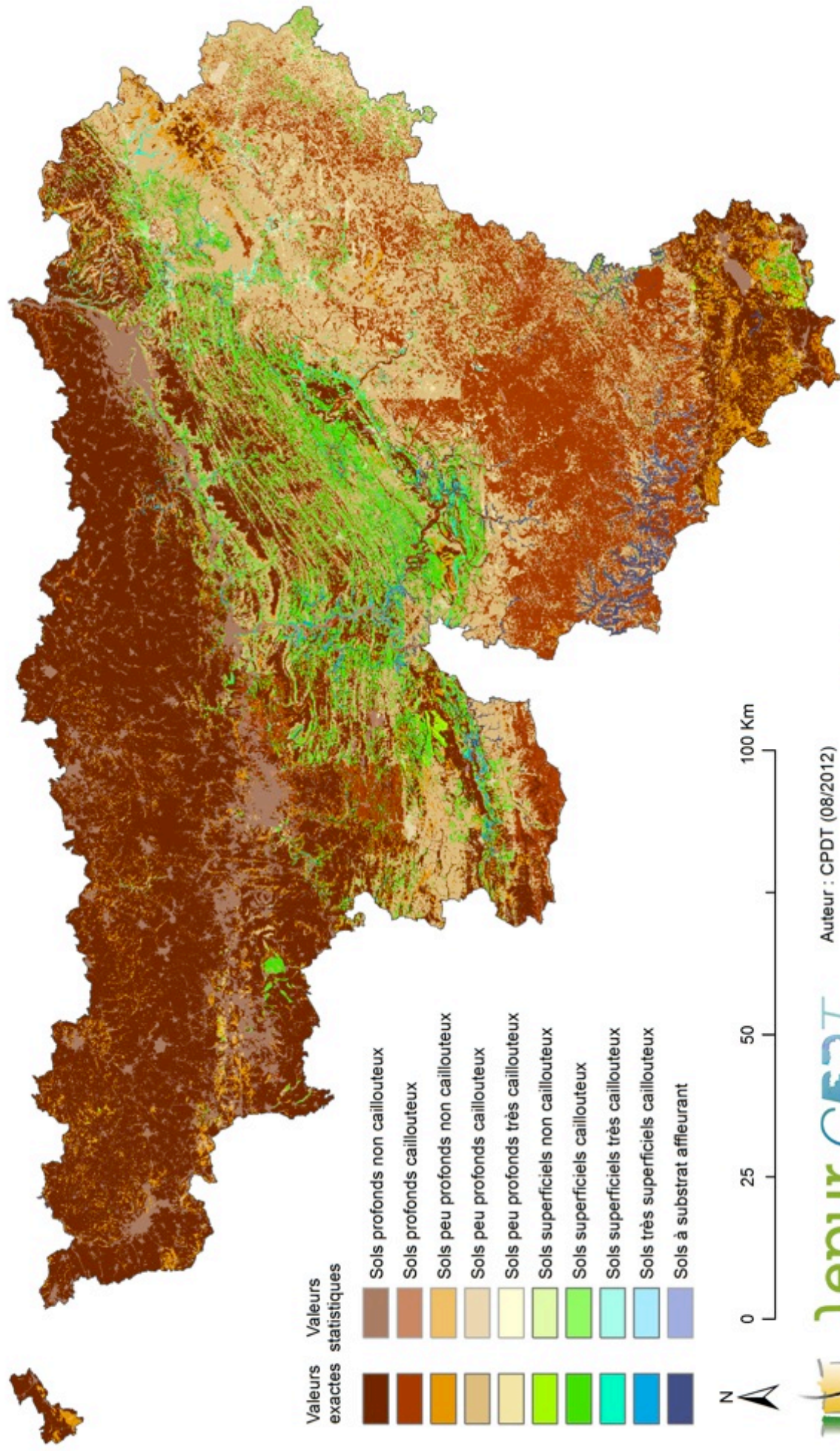
L'extrapolation des données de REQUASUD a été réalisée sur base d'un échantillon de 30.000 points répartis en Wallonie. Cet échantillon a fait l'objet d'une interpolation par méthode de Krigeage ordinaire dont le résultat a ensuite été recombinaé aux données de base connues pour les cultures et les prairies.

<sup>8</sup> Source : Aardewerk\_RW\_05

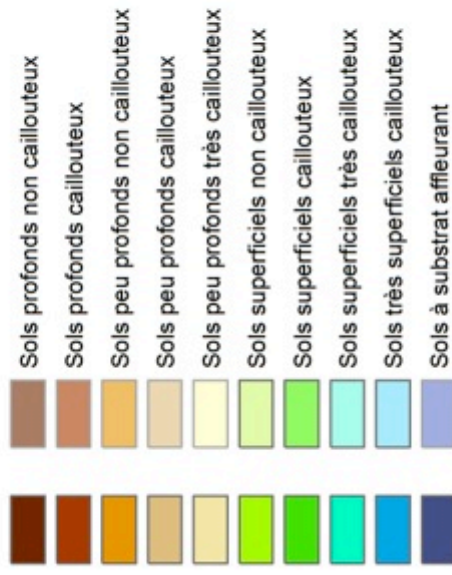
Base de données des profils de sols wallons revue et corrigée par le Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie en 2005 (convention entre le SPW-DGARNE et ULg-Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol-Eau), d'après les addenda (Résultats analytiques) de la Carte des Sols de la Belgique (IRSIA 1947-1991) tels qu'informatisés par Van Orshoven J. & Vandenbroucke D. en 1993 (voir notamment : Van Orshoven J. & Vandenbroucke D. [1993] Guide de l'utilisateur de Aardewerk – Base de données de profils pédologiques. Rapport 18B. Louvain, Belgique : Instituut voor Land- en Waterbeheer, Katholieke Universiteit Leuven) dans le cadre du projet COBIS (IRSIA).



# PROFONDEUR / PIERROSITÉ DU SOL



Valeurs exactes  
Valeurs statistiques



0 25 50 100 Km



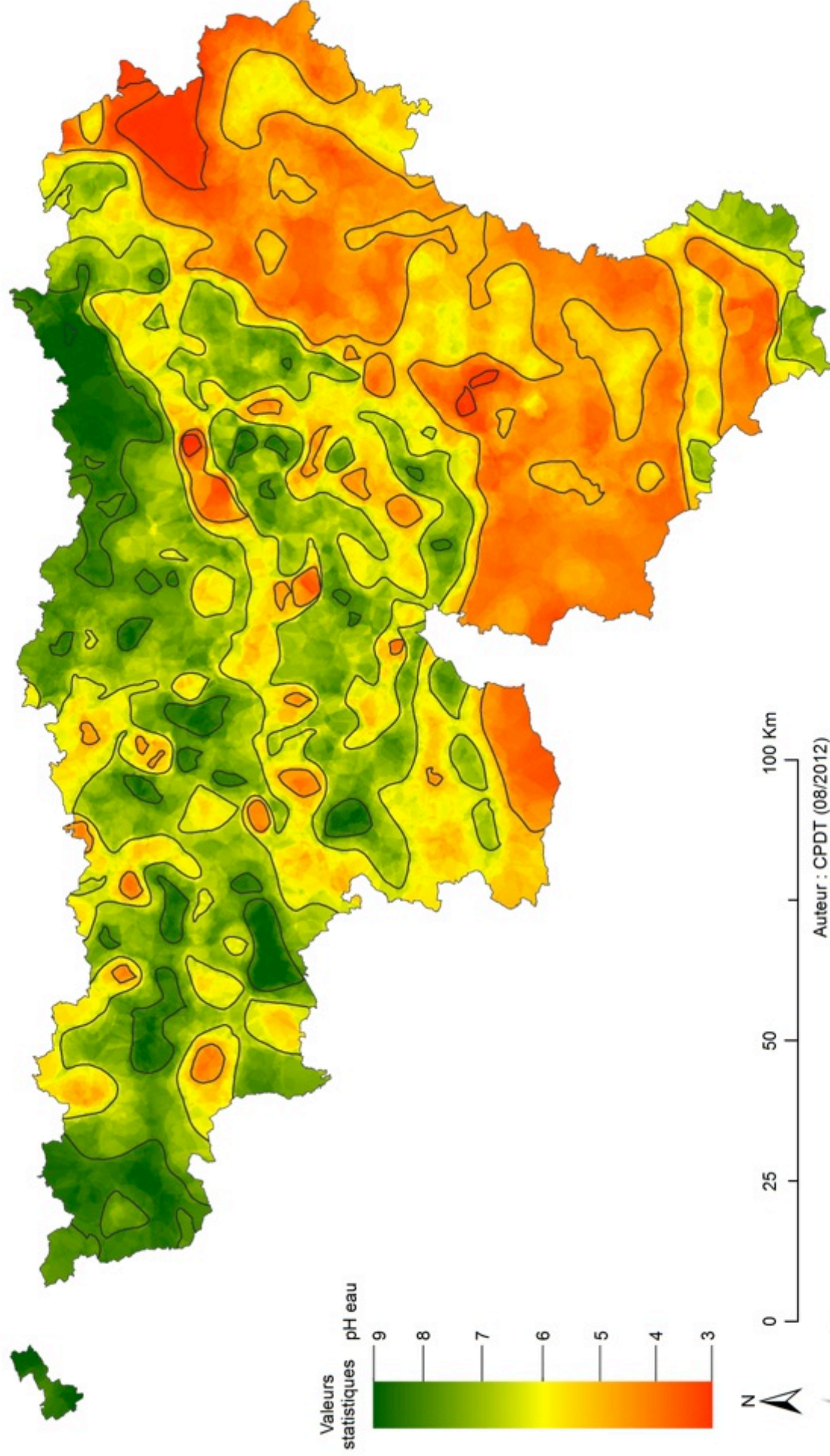
**Jeपुर CPDT**  
Conférence Permanente  
du Développement  
Territorial

Auteur : CPDT (08/2012)

Source : Carte Numérique des Sols de Wallonie, DGARNE  
(Unité Sol - Ecologie - Territoire de FUSAGx, 2005)



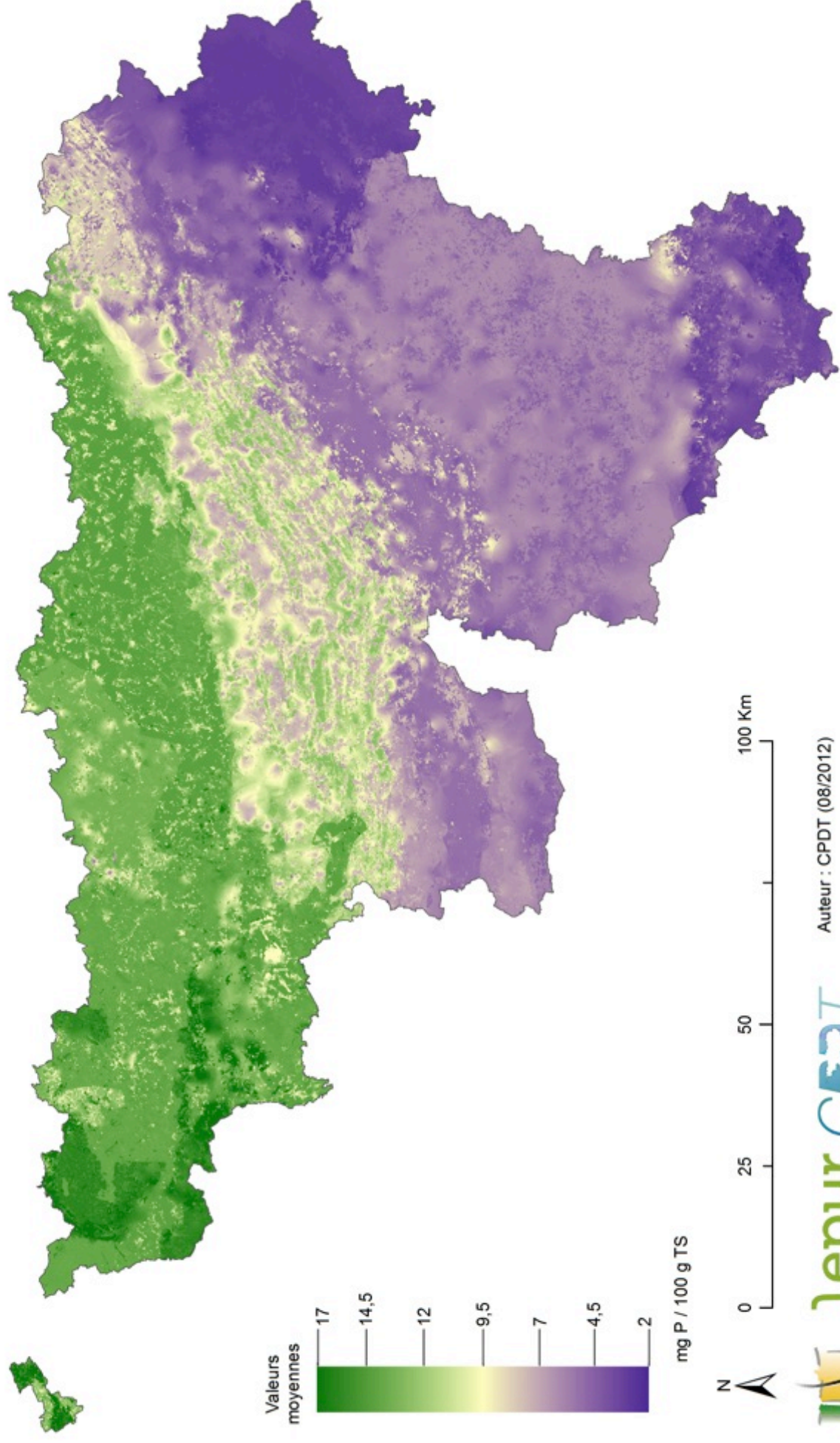
# ACIDITÉ DU SOL



Auteur : CPDT (08/2012)

Sources : Inventaire Permanent Forestier DGARNE & Base de données Aardewerk (Base de données des profils de sols wallons revue et corrigée par le Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie en 2005 (convention entre le SPW-DGARNE et ULg-Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Systèmes Sol-Eau), d'après les addenda (Résultats analytiques) de la Carte des Sols de la Belgique (IRSIA 1947-1991) tels qu'informatisés par Van Orshoven J. & Vandenbroucke D. en 1993)

# TENEUR EN PHOSPHORE ASSIMILABLE DU SOL



La **carte de la teneur en phosphore** issue de cette extrapolation est obtenue à une résolution d'un pixel par 100 m<sup>2</sup> et exprime la richesse du sol en phosphore assimilable en milligrammes de phosphore par 100 grammes de terre sèche.

#### 4.4 *Caractérisation du milieu abiotique*

Les données cartographiques relatives aux composantes abiotiques pertinentes identifiées et présentées ci-avant ont été croisées selon certains schémas spécifiques afin d'obtenir, pour les écosystèmes terrestres, d'une part une carte du niveau hydrique et d'autre part une carte du niveau trophique. Les schémas utilisés sont très largement inspirés des clés du niveau hydrique et trophique présentés dans le « Guide des Boisements Forestiers de Wallonie ».

##### **Indice de niveau hydrique**

Le premier facteur entrant en ligne de compte pour déterminer le niveau hydrique est le contexte orohydrologique. Pour rappel, ce critère distingue différentes zones en fonction des apports d'eau liés au ruissellement. Ainsi, outre les sources, les plaines alluviales sont des zones à apport d'eau quasi permanent puisqu'ils sont le lieu de convergence de tous les ruisseaux, permanents ou temporaires. Les replats constituent des zones à apport d'eau latéral variable car cet apport est exclusivement lié au ruissellement temporaire des eaux de pluie. Enfin, les plateaux et les versants forment des zones sans apport d'eau latéral car leur situation ne permet pas l'accumulation des eaux de ruissellement. D'une façon générale, à l'exception des sols tourbeux et paratourbeux, les zones à apports d'eau quasi permanents seront plus humides que les zones à apport d'eau latéral variable qui seront elles-mêmes plus humides que les zones sans apport d'eau latéral.

Le deuxième facteur qui intervient est le matériau du sol. Les sols tourbeux sont en permanence considérés comme très humides. Les sols paratourbeux sont humides mais peuvent présenter un assèchement estival. Les sols minéraux (argileux, limoneux, sableux et caillouteux) présentent une humidité variable qui dépend principalement du drainage.

Les sols dont le drainage est très pauvre présentent une humidité très élevée. Cette humidité diminue au fur et à mesure que le drainage augmente mais reste importante pour les sols à drainage pauvre à imparfait.

Pour les sols au drainage modéré à excessif, la texture intervient pour déterminer le degré d'humidité. Les sols sableux sont considérés comme les sols les plus secs, suivis des sols caillouteux, tandis que les sols limoneux et argileux sont les sols les plus humides. Un sol au drainage modéré et à la texture sableuse situé en zone sans apport d'eau latéral est ici considéré comme un sol mésophile, tandis qu'un sol de texture limoneuse ou argileuse, caillouteux ou non caillouteux, situé dans les mêmes conditions, est considéré comme hygrocline.

En ce qui concerne les sols dont le drainage est favorable à légèrement excessif, les facteurs de profondeur, de pierrosité et d'exposition s'ajoutent à la texture. Les sols les plus superficiels ou les plus pierreux sont les plus secs, et cela d'autant qu'ils se trouvent dans un secteur chaud et ensoleillé.

Enfin, les sols dont le drainage est excessif sont les plus secs et sont considérés comme xéroclines, voire xéro-thermophiles lorsqu'ils sont sur des sols sableux.



Matériaux	Drainage	Texture	Profondeur/ pierrosité	Expo- sition	Contexte orohydrologique						
					Sources	Plaines alluviales	Replats	Versants	Plateaux		
Sols tourbeux					-6	-6	-6	-5	-5		
Sols paratourbeux					-6	-3	-3	-2	-2		
Sols minéraux	Très pauvre				-6	-6	-6	-4	-4		
	Pauvre à horizon réduit				-6	-5	-5	-2	-2		
	Assez pauvre à horizon réduit				-6	-4	-4	-2	-2		
	Pauvre sans horizon réduit				-5	-4	-4	-1	-1		
	Assez pauvre sans horizon réduit				-5	-3	-3	-1	-1		
	Imparfait				-5	-1	-1	0	0		
	Modéré	Argilo-limoneux				-5	-1	0	0	0	
		Caillouteux				-5	-1	0	0	0	
		Sableux	Profond			-5	-1	0	1	1	
			Peu profond			-5	-1	0	2	2	
			Superficiel			-5	-1	1	3	3	
			Substrat affleurant	Froid	-5	-1	2	4	4		
				Chaud	-5	-1	3	5	5		
			Argilo- limoneux	Profond			-5	-1	0	1	1
		Peu profond		Froid	-5	-1	1	2	2		
				Chaud	-5	-1	2	3	3		
		Superficiel		Froid	-5	-1	2	4	4		
				Chaud	-5	-1	4	5	5		
	Substrat affleurant	Froid		-5	1	2	4	4			
		Chaud		-5	1	3	5	5			
	Favorable	Profond		Froid	-5	-1	0	1	1		
				Chaud	-5	-1	0	1	1		
		Peu profond		Froid	-5	-1	1	2	2		
				Chaud	-5	-1	2	3	3		
		Peu profond très caillouteux		Froid	-5	1	2	3	3		
			Chaud	-5	1	3	5	5			
		Superficiel	Froid	-5	2	3	4	4			
			Chaud	-5	2	4	6	5			
		Superficiel très caillouteux	Froid	-5	2	4	4	4			
			Chaud	-5	2	5	6	5			
		Très Superficiel	Froid	-5	2	5	5	5			
			Chaud	-5	3	6	6	6			
		Substrat affleurant	Froid	-5	2	3	3	3			
			Chaud	-5	4	5	5	5			
		Légèrement excessif	Profond				-4	0	1	2	2
			Peu profond	Froid	-4	1	2	3	3		
				Chaud	-4	1	3	4	4		
			Superficiel	Froid	-4	2	4	5	5		
	Chaud			-4	2	5	6	6			
	Substrat affleurant		Froid	-4	1	5	5	5			
			Chaud	-4	1	6	6	6			
	Excessif				-4	6	6	6	6		

**Tableau 6 : Clé de détermination du niveau trophique sur base du type de matériaux, du drainage, de la texture, de la profondeur et de la pierrosité du sol ainsi que de l'exposition de la pente et du contexte orohydrologique.**



Ces différents facteurs ont été combinés pour attribuer un indice de niveau hydrique allant de -6 à +6. Cet indice a été calibré par comparaison spatiale avec les données phytosociologiques issues de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières Wallonnes (IPRFW).

A cette fin, ces données phytosociologiques ont au préalable été classées par critère d'humidité afin de correspondre aux catégories du niveau hydrique pour les milieux terrestres de la typologie EcoDyn : forêts marécageuses, forêts humides, forêts mésophiles et forêts sèches. Ce classement fait alors intervenir environ 3300 données de l'inventaire, parmi lesquelles les différentes classes ne sont pas équitablement représentées (les forêts mésophiles étant sensiblement mieux représentées sur le territoire que les autres types de forêts). Le nombre de données a donc été converti en proportions afin d'établir un taux de correspondance spatiale entre l'échelle de niveau hydrique modélisée et la présence réelle d'habitats forestiers sur le territoire.

Indices niveau hydrique	Forêts IPRFW marécageuses	Forêts IPRFW humides	Forêts IPRFW mésophiles	Forêts IPRFW sèches	Catégorie niveau hydrique
-6	52,7	42,3	5,1	0	Hygrophile
-5	52,6	41,4	6	0	Hygrophile
-4	67,3	21,6	10,2	1	Hygrophile
-3	39,1	53,5	7,5	0	Hygrocline
-2	18,1	66,3	15,6	0	Hygrocline
-1	29,9	37,4	28,4	4,3	Hygrocline
0	10,7	34,6	52,7	2	Mésophile
1	0	15,8	70	14,1	Mésophile
2	16	11,5	60,7	11,8	Mésophile
3	0	7	48,2	44,8	Mésophile
4	0	12,1	37,4	50,5	Xérocline
5	0	3,2	24,7	72,1	Xérocline
6	0	5,9	28,8	65,3	Xérocline

**Tableau 7 : Proportion (%) de chaque type de forêt en correspondance avec les indices de niveau hydrique. Les chiffres en rouge signalent que le type de forêt est majoritaire pour l'indice de niveau hydrique considéré.**

La comparaison de ces données relevées, proportionnellement à leur représentativité, et du niveau hydrique modélisé a montré des résultats globalement satisfaisants. En effet, comme le montre le tableau 7, la proportion des habitats forestiers de types marécageux et humides par indices de niveau hydrique, décroît à mesure que l'indice de niveau hydrique augmente. A l'inverse, la proportion des habitats mésophiles et xéroclines augmentent à mesure que l'indice de niveau hydrique augmente. Cette analyse a permis d'établir les catégories du niveau hydrique en fonction des indices où les classes d'habitats dominent :

- la catégorie « hygrophile » (-6 à -4) correspond aux conditions écologiques où les forêts marécageuses sont majoritaires ;
- la catégorie « hygrocline » (-3 à -1) correspond aux conditions écologiques où les forêts humides sont majoritaires ;
- la catégorie « mésophile » (0 à 3) correspond aux conditions écologiques où les forêts mésophiles sont majoritaires ;
- et la catégorie « xérocline » (4 à 6) correspond aux conditions écologiques où les forêts sèches sont majoritaires.

Au final, ces divers traitements appliqués aux données spatiales ont permis de dresser la **carte du niveau hydrique** des sols de Wallonie à la résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup>.

La carte du niveau hydrique, réalisée ainsi au format raster, a été convertie au format vectoriel. Les catégories « aquatiques » et « xérophiles » ont alors été ajoutées par une intersection de ce jeu de données avec les données IGN top10v permettant respectivement la localisation des cours d'eau et celle des rochers.

## Indice de niveau trophique

La détermination du niveau trophique repose à la fois sur le développement de profil du sol et le type de matériau ou de texture du sol, puis sur l'acidité du sol et sa richesse en phosphore assimilable.

Le développement de profil pédologique permet de distinguer les sols alluvionnaires ou colluvionnaires\* liés à une absence de développement de profil ainsi que les sols podzoliques liés aux profils de type horizon B textural tacheté ou morcelé et de type horizon B humique et ferrique peu distinct ou distinct. D'une façon générale, les sols alluvionnaires ou colluvionnaires sans développement de profil ou à développement de profil non défini sont considérés comme ayant un niveau trophique plus élevé. A l'inverse, les sols à horizon B textural tacheté ou morcelé et les sols à horizon B humique et ferrique peu distinct sont plus pauvres et plus acides (acidoclines). Les sols à horizon B humique et ferrique distinct sont considérés comme plus pauvres encore (acidophiles\*).

La texture du sol intervient essentiellement pour la distinction des sols sableux, ou paratourbeux et tourbeux, généralement plus pauvres que les sols limoneux et argileux.

En dehors des sols tourbeux ou paratourbeux et des sols à développement de profil de type humique et ferrique, le pH permet la distinction de processus chimiques rendant disponibles ou non certains nutriments du sol. Les sols à pH supérieurs à 5,7 sont considérés comme très peu acides et présentent une bonne disponibilité des éléments nutritifs\*. A l'inverse, en dessous d'un pH de 4,2, la forte acidité entrave la capacité de nombreuses espèces à prélever les nutriments du sol.

Enfin, la teneur en phosphore permet d'estimer, de façon plus affinée, la présence plus ou moins grande de nutriments dans le sol, le phosphore étant généralement l'élément nutritif le plus limitant dans la croissance des végétaux. Pour rappel, les relevés portant sur les sols en culture ou en prairie soumis à des fertilisations, les valeurs disponibles sont représentatives de l'état anthropisé du territoire. Les teneurs en phosphore ont été réparties en cinq classes avec des seuils choisis en fonction de la distribution des valeurs en Wallonie.

Développement de profil	Matériaux / Texture	Acidité (pH)	Teneur en phosphore assimilable (P en mg/100 g)				
			très faible P < 3,5	faible 3,5 < P < 6,5	moyenne 6,5 < P < 9,5	élevée 9,5 < P < 11,5	très élevée P > 11,5
Absent ou non défini	Sols limoneux et argileux	pH > 5,7	0	1	2	3	3
		4,2 < pH < 5,7	-1	0	1	2	3
		pH < 4,2	-2	-1	0	1	2
	Sols sableux et sablonneux légers	pH > 5,7	0	1	2	3	3
		4,2 < pH < 5,7	-1	0	1	2	3
		pH < 4,2	-2	-1	0	1	2
	Sols paratourbeux et sols tourbeux		-3	-2	-1	0	1
Horizon B textural ou structural ou Horizon A humifère anthropogène	Sols limoneux et argileux	pH > 5,7	-1	0	1	2	3
		4,2 < pH < 5,7	-2	-1	0	1	2
		pH < 4,2	-3	-2	-1	0	1
	Sols sableux et sablonneux légers	pH > 5,7	-1	0	1	2	3
		4,2 < pH < 5,7	-2	-1	0	1	2
		pH < 4,2	-3	-2	-1	0	1
	Sols paratourbeux et sols tourbeux		-3	-3	-2	-1	0
Horizon B textural tacheté ou morcelé	Sols limoneux et argileux	pH > 5,7	-1	0	1	2	3
		4,2 < pH < 5,7	-2	-1	0	1	2
		pH < 4,2	-3	-2	-1	0	1
	Sols sableux et sablonneux légers	pH > 5,7	-2	-1	0	1	2
		4,2 < pH < 5,7	-3	-2	-1	0	1
		pH < 4,2	-3	-2	-1	0	1
	Sols paratourbeux et sols tourbeux		-3	-3	-2	-1	0
Horizon B humique et ferrique disinct et peu distinct			-3	-2	-1	0	1

**Tableau 8 : Clé de détermination du niveau trophique sur base du développement de profil, du matériaux ou de la texture du sol, de l'acidité et de la teneur en phosphore assimilable.**

En combinant l'ensemble de ces informations, l'analyse aboutit à une échelle du niveau trophique allant de -3 à +3. Cet indice a été calibré par comparaison spatiale avec les données phytosociologiques issues de l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières Wallonnes (IPRFW).

Comme pour le niveau hydrique, ces données phytosociologiques ont été classées par critère de richesse en nutriments afin de correspondre aux deux classes de la typologie EcoDyn : oligo-mésotrophe et méso-eutrophe. Ce classement fait alors intervenir environ 4700 données de l'inventaire IPRFW, parmi lesquelles les deux classes ne sont pas équitablement représentées (les forêts oligo-mésotrophes étant mieux représentées). Ici également, le nombre de données a été converti en proportions afin d'établir un taux de correspondance spatiale entre l'échelle de niveau trophique modélisée et la présence réelle d'habitats forestiers sur le territoire.

Cette comparaison permet de constater que la proportion d'habitats forestiers oligo-mésotrophes ou méso-eutrophes est cohérente par rapport à l'échelle du niveau trophique. En effet, la proportion des forêts classées comme oligo-mésotrophes décroît à mesure que l'indice de niveau trophique augmente et, inversement, la proportion de forêts classées comme méso-eutrophes augmente avec cet indice. Les catégories de niveau trophique ont été attribuées en tenant compte de ces proportions.

Indice niveau trophique	Forêts IPRFW oligo-mésotrophes	Forêts IPRFW méso-eutrophes	Catégorie niveau trophique
-3	77,1	22,9	Très oligotrophe
-2	76,5	23,5	Oligotrophe
-1	53,1	46,9	Oligo-mésotrophe
0	45,9	54,1	Mésotrophe
1	20,1	79,9	Méso-eutrophe
2	7,5	92,5	Eutrophe
3	0	100	Très eutrophe

**Tableau 9 : Proportion (%) de chaque type de forêt en correspondance avec les indices de niveau trophique. Les chiffres en rouge indiquent que le type de forêt est majoritaire pour l'indice de niveau trophique considéré.**

Sur base de ce calibrage, la **carte du niveau hydrique** des sols de Wallonie a été obtenue à la résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup>, en attribuant aux indices de niveau trophique modélisé les catégories de niveau trophique correspondantes (voir tableau 9).

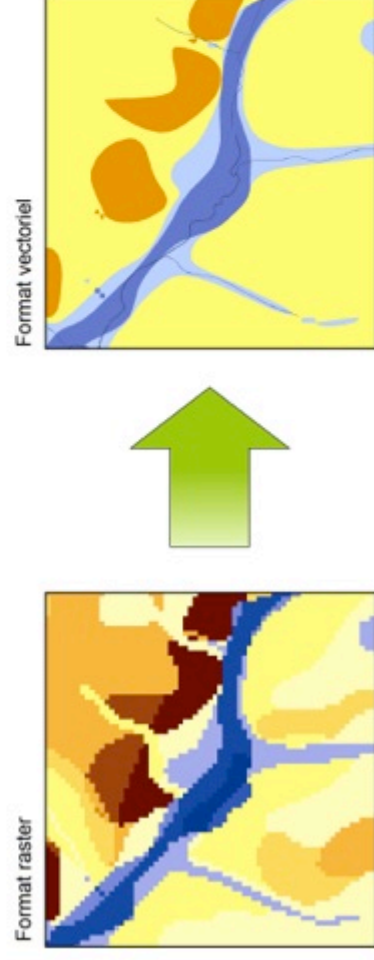
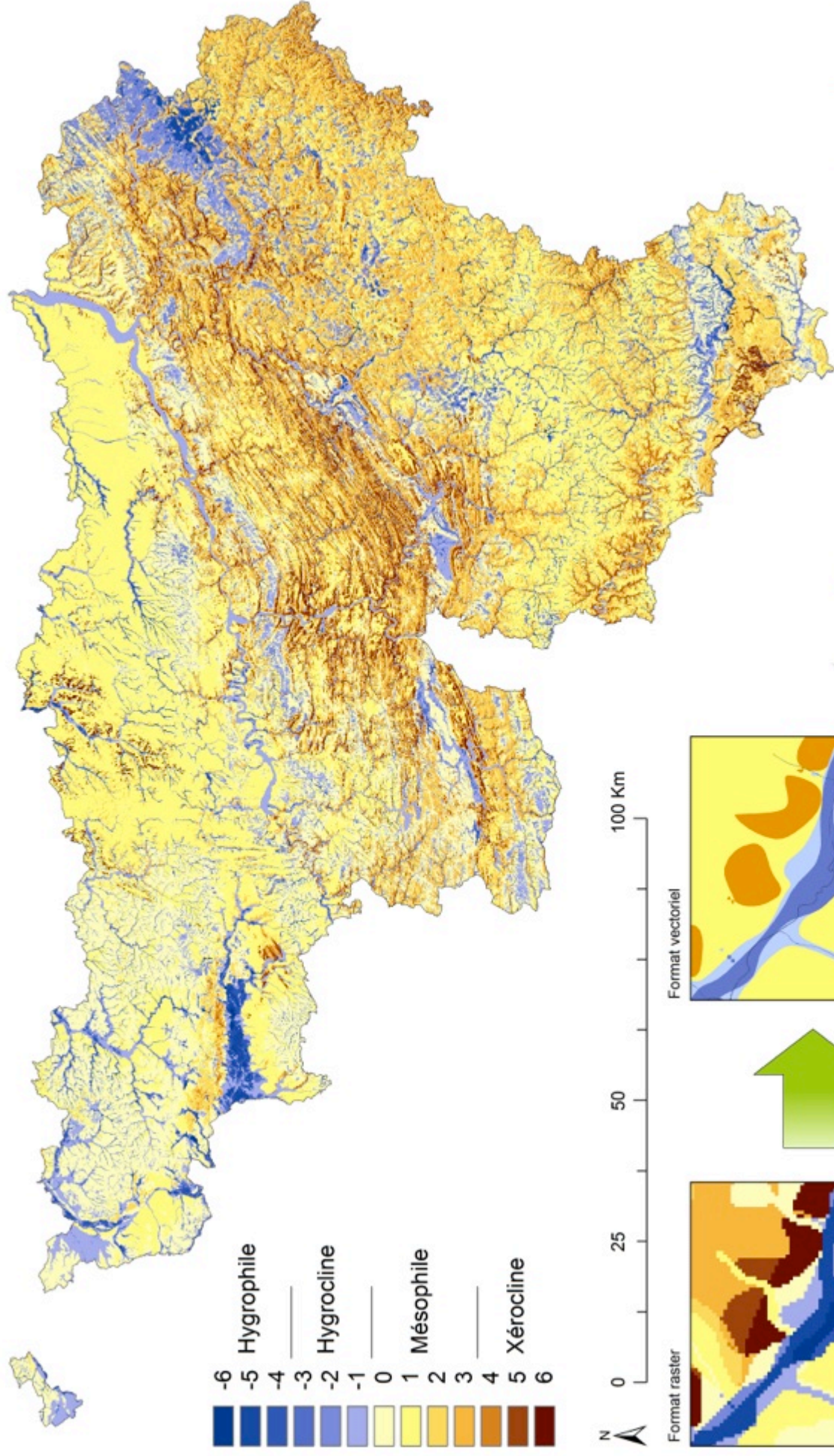
Cette carte a été reclassée pour correspondre aux catégories EcoDyn en fonction du type de forêt majoritaire pour un indice de niveau trophique donné :

- la catégorie « oligotrophe à oligo-mésotrophe » (-3 à -1) correspond aux conditions écologiques où les forêts oligo-mésotrophes sont majoritaires ;
- la catégorie « mésotrophe à polytrophe » (0 à 3) correspond aux conditions écologiques où les forêts méso-eutrophes sont majoritaires.

La carte ainsi obtenue au format raster a été convertie au format vectoriel pour les étapes de combinaisons ultérieures.



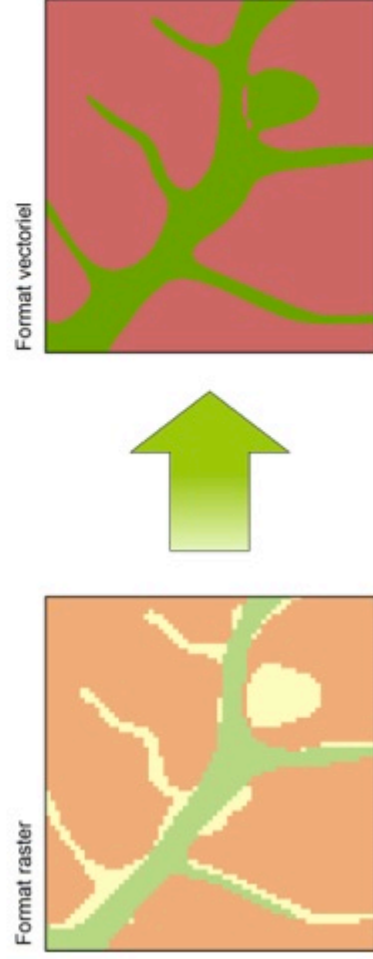
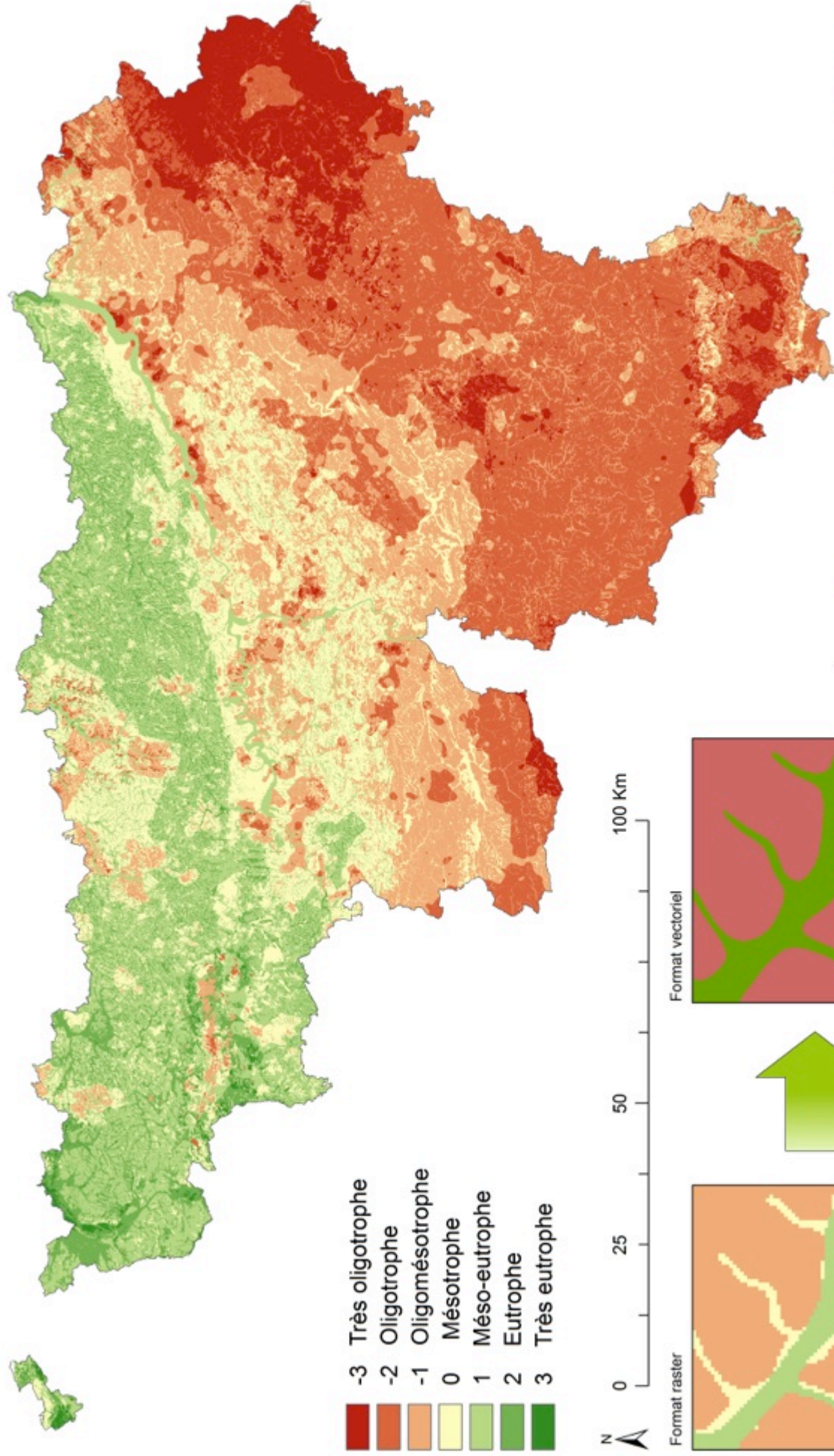
# NIVEAU HYDRIQUE



Auteur : CPDT (03/2013)



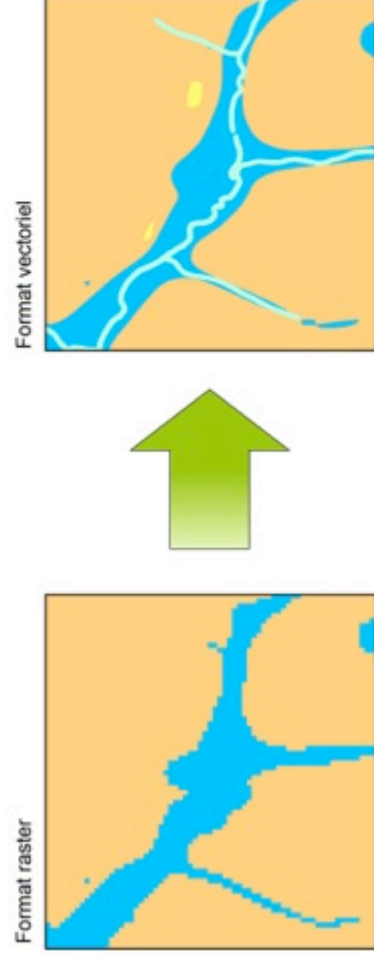
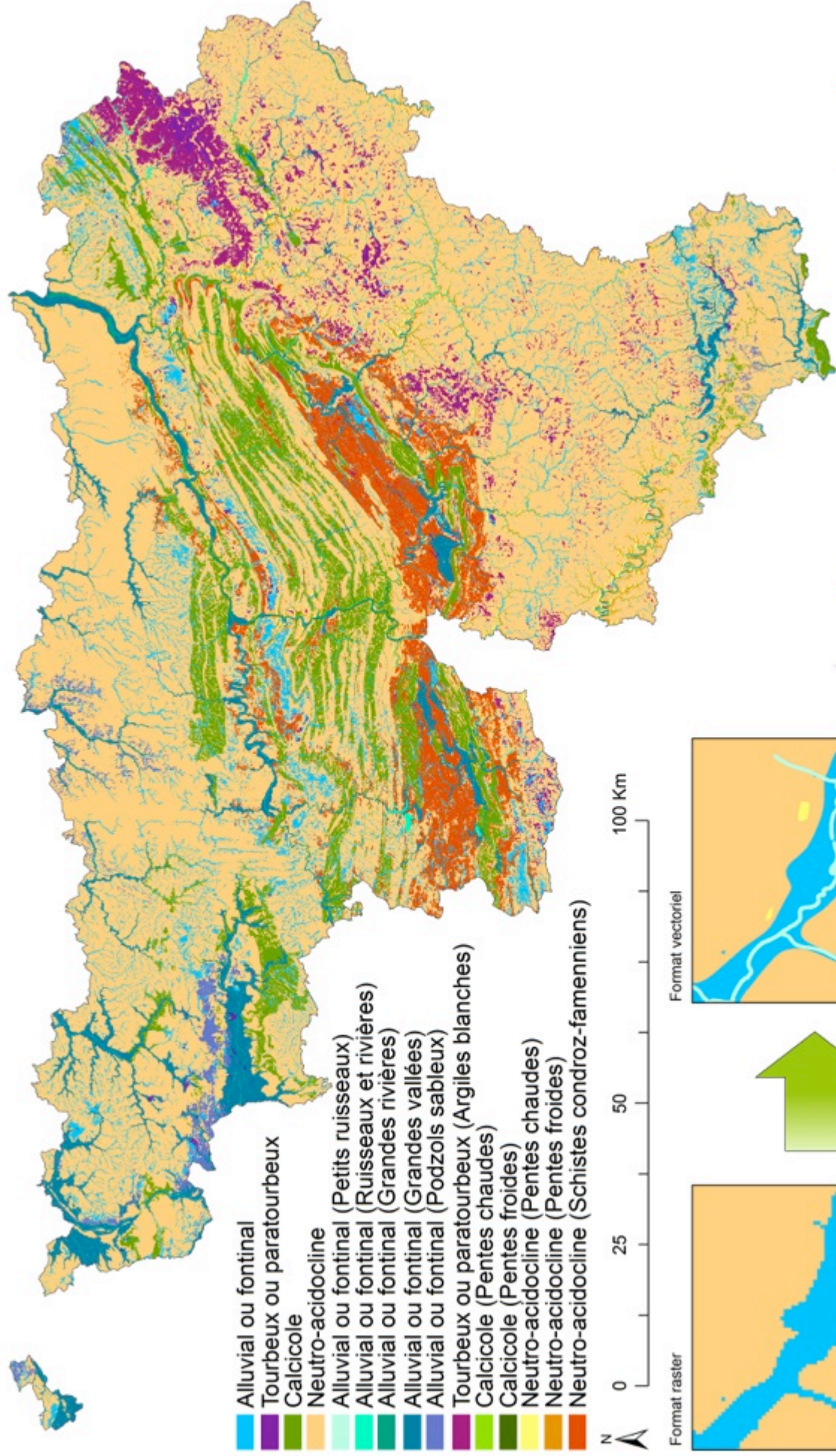
# NIVEAU TROPHIQUE



Auteur : CPDT (03/2013)



# CONTEXTE ÉCOLOGIQUE



Auteur : CPDT (03/2013)

## Contexte écologique

Le dernier paramètre du milieu abiotique pris en compte concerne le contexte écologique tel que décrit dans la typologie EcoDyn. Au sein des milieux hygroclines à hygrophiles, ce paramètre fait la distinction entre écosystèmes tourbeux à paratourbeux et écosystèmes alluviaux ou fontinaux. Au sein des milieux mésophiles à xéroclines, il fait la distinction entre les écosystèmes calcicoles et les écosystèmes neutro-acidoclines.

Ces quatre grands types d'écosystèmes ont fait l'objet d'une cartographie en combinant les données des cartes de la texture du sol, du niveau hydrique et de la charge en éléments grossiers. La carte du niveau hydrique élaborée précédemment permet la distinction du degré d'humidité afin de distinguer les écosystèmes alluviaux et fontinaux. La carte de la texture permet l'identification des écosystèmes tourbeux et paratourbeux. La carte de la charge en éléments grossiers permet quant à elle de distinguer les écosystèmes calcicoles des écosystèmes neutro-acidoclines.

La **carte du contexte écologique** a été obtenue à la résolution d'un pixel par 100m<sup>2</sup> à la suite d'une simple combinaison de ces données. Cette carte a ensuite été convertie au format vectoriel.

Quelques données vectorielles précises liés à la morphologie du terrain, aux cours d'eau et à la présence d'un sol schisteux fammenien ont ensuite été ajoutées à cette carte afin de permettre l'identification de variantes d'habitats climaciques liées à ces critères.

Les berges sont identifiées de part et d'autre des grandes rivières lentes sur base de la carte du relief. Au niveau des plus petits cours d'eau, les berges ont été identifiées grâce à une zone tampon dont la largeur dépend de la taille du cours d'eau. Pour les rivières et les gros ruisseaux, la largeur est 20 mètres tandis que pour les petits ruisseaux elle est de 10 mètres.

L'identification des schistes fammeniens a été réalisée sur base de la charge en éléments grossiers du sol. Cette catégorie intègre les sols schisteux ou argilo-schisteux se trouvant en Famenne et en Condroz<sup>9</sup>.

Enfin, les fortes pentes ont été identifiées sur base de la carte du relief en reprenant les classes de pente supérieure à 50%. L'orientation de ces pentes a été ajoutée grâce à la carte des expositions.

## 4.5 Climax écosystémiques

### Diagnostic des caractéristiques abiotiques

Les cartes du contexte écologique, du niveau hydrique et du niveau trophique ont été combinées au format vectoriel. Les combinaisons obtenues ont été interprétées sur base de la typologie EcoDyn pour déterminer le type d'écosystème attendu selon ces trois critères et donc prédire quelle végétation climacique se développerait spontanément dans le milieu physico-chimique modélisé.

- Quelles que soient les conditions trophiques, les milieux tourbeux hygrophiles aboutissent à la formation de boulaies tourbeuses (TDO<sup>10</sup>), tandis que les milieux paratourbeux hygroclines et paratourbeux aboutissent à la formation de chénaies-boulaies paratourbeuses (THO).

<sup>9</sup> Sur base de la cartographie des régions agro-géographiques de Wallonie

<sup>10</sup> Pour la codification, voir page 11.



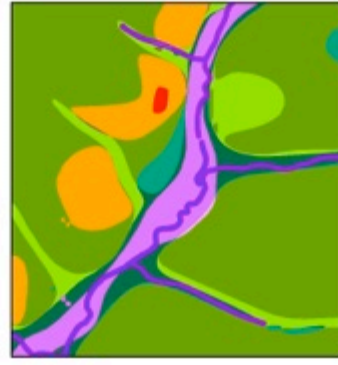
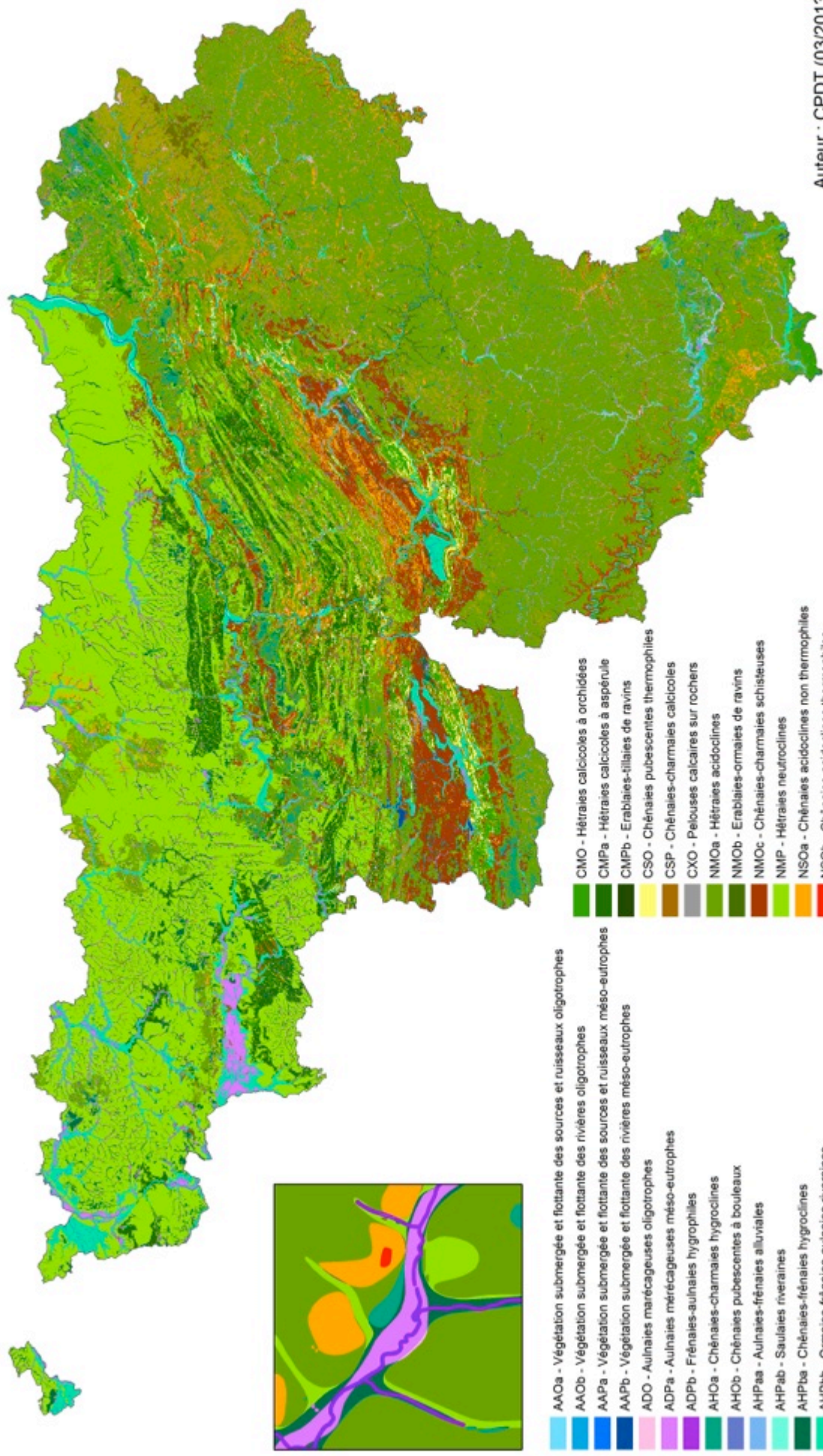
- Les autres milieux hydromorphes\* présentent des sols gleyifiés\* sur lesquels se développent des aulnaies marécageuses oligotrophes (ADO) ou méso-eutrophes (ADP) selon le niveau trophique. Lorsqu'ils sont situés aux abords d'un ruisseau de petite taille, ces milieux aboutissent plutôt à la formation de frênaies-aulnaies hygrophiles (ADP).
- Les milieux terrestres hygroclines en conditions oligo-mésotrophes ou en conditions méso-eutrophes non alluviales évoluent respectivement vers un climax de chênaie-charmaie (AHO) ou de chênaie-frênaie hygrocline (AHP). En conditions oligo-mésotrophes, la présence d'un sol podzolique induit plutôt la dominance d'une chênaie à boulaux (AHO) plutôt que d'une chênaie à charme sur pseudogley\*. Les autres écosystèmes terrestres hygroclines sont situés en milieux alluviaux méso-eutrophes et forment principalement des forêts alluviales (AHP). On distingue trois variantes de ces forêts suivant qu'elles se situent à hauteur de la berge des rivières et ruisseaux (aulnaie-frênaie alluviale), à hauteur de la berge d'une très grande rivière - la Meuse en l'occurrence - (saulaie blanche), ou dans la plaine alluviale d'une grande vallée (ormaise-frênaie-aulnaie riveraine).
- Les milieux terrestres mésophiles évoluent vers deux types d'écosystèmes en fonction de la présence ou non de calcaire dans le sol. Parmi les écosystèmes calcicoles, on distingue la hêtraie calcicole à orchidées en conditions oligo-mésotrophes (CMO) et la hêtraie calcicole à aspérules en conditions méso-eutrophes (CMP). Sur des pentes fortes, l'érableiaie-tillaie de ravin se substitue à ces deux types de hêtraies. Parmi les écosystèmes neutro-acidoclines, on distingue la hêtraie acidocline en conditions oligo-mésotrophes (NMO) et la hêtraie neutrocline en conditions méso-eutrophes (NMP). Sur les sols schisteux famenniens, la chênaie-charmaie schisteuse remplace ces hêtraies. Lorsque la pente est forte, l'érableiaie-ormaise de ravin se substitue aux hêtraies ou à la chênaie-charmaie schisteuse.
- Les milieux terrestres xéroclines évoluent vers différents type de chênaies selon l'exposition, la présence de calcaire dans le sol et le niveau trophique. Les écosystèmes calcicoles évoluent vers la chênaie thermophile à chênes pubescents en conditions oligo-mésotrophes (CSO) et vers la chênaie-charmaie calcicole en conditions méso-eutrophes (CSP). Les écosystèmes neutro-acidoclines évoluent quant à eux vers la chênaie acidocline, ou la chênaie thermophile si l'exposition le permet, en conditions oligo-mésotrophes (NSO) et vers la chênaie-charmaie neutrocline en conditions méso-eutrophes (NSP).
- Les milieux rocheux xérophiles n'évoluent pas au stade forestier. Leur climax consiste en une végétation herbacée rase de type pelouse. Les écosystèmes rocheux xérophiles calcicoles évoluent en pelouses calcaires sur rochers (CXO) tandis que les écosystèmes neutro-acidoclines évoluent en pelouses rupicoles thermophiles (NXO).
- Les écosystèmes aquatiques sont en dynamique permanente et, en l'absence d'une perturbation venant modifier cette dynamique, ils n'évoluent pas au-delà de la formation d'une flore aquatique liée à la richesse du cours d'eau en nutriments et à la turbidité de l'eau. Ainsi, on distingue les végétations submergées et flottantes des sources et ruisseaux de celles des rivières, en conditions oligo-mésotrophes d'une part (AAO) et en conditions méso-eutrophes d'autre part (AAP).

Le résultat final est la carte des **Climax**, au format vectoriel. Cette carte distingue et spatialise 30 écosystèmes climaciques aquatiques, terrestres et arides.

Contexte écologique	Niveau hydrique	Niveau trophique	Variantes	Climax écosystémique
Alluvial ou fontinal	Aquatique	Oligo-mésotrophe	Ruisseaux	Végétation submergée et flottante des sources et ruisseaux oligotrophe
			Rivières	Végétation submergée et flottante des rivières oligotrophes
		Mésio-polytrophe	Ruisseaux	Végétation submergée et flottante des sources ruisseaux mésotrophes
			Rivières	Végétation submergée et flottante des rivières mésotrophes
	Hygrophile	Oligo-mésotrophe		Aulnaie marécageuse oligotrophe
		Mésio-polytrophe	Ruisseaux	Frênaie-aulnaie hygrophile
			Autres	Aulnaie marécageuse mésotrophe
	Hygrocline	Oligo-mésotrophe	Pseudogley	Chênaie-charmaie hygrocline
			Podzols	Chênaie pubescente à bouleau
		Mésio-polytrophe	Ruisseaux et rivières	Aulnaie-frênaie alluviale
			Grandes rivières	Saulaie riveraine
			Grandes vallées	Ormaie-frênaie-aulnaie riveraine
			Autres	Chênaie-frênaie hygrocline
Tourbeux ou paratourbeux	Hygrophile	Oligo-mésotrophe		Boulaie tourbeuse
	Hygrocline	Oligo-mésotrophe		Chênaie-boulaie paratourbeuse
Calcicole	Mésophile	Oligo-mésotrophe	Pente faible	Hêtraie calcicole à orchidées
			Pente forte	Erablaie-tillaie de ravins
		Mésio-polytrophe	Pente faible	Hêtraie calcicole à aspérules
			Pente forte	Erablaie-tillaie de ravins
	Xérocline	Oligo-mésotrophe		Chênaie pubescente thermophile
		Mésio-polytrophe		Chênaie-charmaie calcicole
Neutro-acidocline	Xérophile	Oligo-mésotrophe		Pelouses calcicoles des rochers calcaires
	Mésophile	Oligo-mésotrophe	Pente faible	Hêtraie acidocline
			Pentes fortes	Erablaie-ormnaie de ravins
			Schistes famenniens	Chênaie-charmaie schisteuse
		Mésio-polytrophe		Hêtraie neutrocline
	Xérocline	Oligo-mésotrophe	Exposition froide	Chênaie acidophile non thermophile
			Exposition chaude	Chênaie acidophile thermophile
		Mésio-polytrophe		Chênaie-charmaie neutrocline
	Xérophile	Oligo-mésotrophe		Pelouse rupicole des rochers siliceux

**Tableau 10 : Clé de détermination du climax par combinaison des paramètres abiotiques principaux.**

# CLIMAX ECOSYSTEMIQUES



- |  |  |
|--|--|
| AAOa - Végétation submergée et flottante des sources et ruisseaux oligotrophes   | CMO - Hétraies calcicoles à orchidées        |
| AAOb - Végétation submergée et flottante des rivières oligotrophes               | CMPa - Hétraies calcicoles à aspenule        |
| AAPa - Végétation submergée et flottante des sources et ruisseaux méso-eutrophes | CMPb - Erablaies-tillaies de ravins          |
| AAPb - Végétation submergée et flottante des rivières méso-eutrophes             | CSO - Chênaies pubescentes thermophiles      |
| ADO - Aulnaies marécageuses oligotrophes   | CSP - Chênaies-charmaies calcicoles          |
| ADPa - Aulnaies marécageuses méso-eutrophes                                      | CXO - Pelouses calcaires sur rochers         |
| ADPb - Frénaies-aulnaies hygrophiles   | NMOa - Hétraies acidoclines                  |
| AHOa - Chênaies-charmaies hygroclines  | NMOb - Erablaies-ormaies de ravins           |
| AHOb - Chênaies pubescentes à bouleaux   | NMOc - Chênaies-charmaies schisteuses        |
| AHPaa - Aulnaies-frénaies alluviales   | NMP - Hétraies neutroclines                  |
| AHPab - Saulaies riveraines  | NSOa - Chênaies acidoclines non thermophiles |
| AHPba - Chênaies-frénaies hygroclines  | NSOb - Chênaies acidoclines thermophiles     |
| AHPbb - Ormaies-frénaies-aulnaies riveraines                                     | NSP - Chênaies-charmaies neutroclines        |
| TDO - Boulaies tourbeuses  | NXO - Pelouses rupicoles thermophiles        |
| THO - Chênaies-boulaies paratourbeuses   |  |

Auteur : CPDT (03/2013)

## Validation des résultats de la modélisation

La carte des climax a fait l'objet d'une validation au cours de laquelle, pour chaque classe EcoDyn observée indépendamment, la proportion des types d'habitats IPRFW correspondants est examinée. Cette analyse a été réalisée en deux étapes. Elle fait intervenir plus de 4700 relevés IPRFW.

Lors de la première étape, le nombre d'observations brutes a été identifié pour chaque correspondance entre une classe EcoDyn et un type d'habitat forestier. Cette étape a permis de considérer comme non représentatives les correspondances établies grâce à un seul relevé IPRFW.

Lors de la seconde étape, le nombre d'observations étant fortement variable d'un habitat IPRFW à un autre, celui-ci a été converti en pourcentage par rapport au total d'observations d'un même type d'habitat et proportionnellement à l'ensemble des habitats concernés par une classe EcoDyn. En effet, sans cette conversion, il aurait été difficile de comparer la concordance entre les relevés de terrain et la classe modélisée. Les relevés de terrain comptent en effet plus de 1300 chênaies acidophiles pour seulement une quinzaine de hêtraies calcicoles. Cette traduction des chiffres en proportions par classe EcoDyn a rendu possible la comparaison des données IPRFW en établissant une hiérarchie de la représentation d'un type d'habitat pour une classe donnée. En revanche, cette analyse ne permet pas la comparaison des valeurs obtenues entre classes EcoDyn, celles-ci n'étant pas toutes représentées de la même manière par les données IPRFW.

La table 10 reprend les résultats de cette analyse. Les résultats présentent globalement une cohérence satisfaisante entre les relevés IPRFW dont la proportion est majoritaire et les attentes du modèle pour chaque classe EcoDyn. Quelques observations non attendues mais non contradictoires avec les données abiotiques du modèle prédictif ont été observées, notamment la forte présence de hêtraies calcicoles dans des conditions considérées de fait calcicoles par le modèle, mais estimées par celui-ci un peu trop sèches pour le hêtre. En revanche, quelques observations semblent contradictoires avec les conditions abiotiques identifiées par le modèle, notamment la présence d'aulnaies mésotrophes dans des conditions données pour oligo-mésotrophes par le modèle ainsi que la forte présence de l'érablaie-tillaie sur pente calcaire dans des conditions évaluées comme oligotrophes acidophiles. Ces observations contradictoires peuvent être en partie liées à la précision cartographique d'une part du modèle et d'autre part des relevés de terrains, ceux-ci pouvant être positionnés en marge d'un polygone pour lequel la concordance aurait été correcte. La présence de hêtraies neutroclines en milieu calcicole peut s'expliquer par la présence d'un sous-sol calcaire avec un sol de nature non calcaire.

Il convient de noter que cette analyse comparative présente certaines limites. En effet, elle compare un potentiel d'habitat théorique avec une réalité de terrain relativement anthropisée. Les forêts wallonnes, largement plantées, ne sont pas nécessairement composées d'espèces en adéquation avec les conditions abiotiques du terrain.

EcoDyn	Aulnaies-boulaies oligotrophes	Aulnaies mésotrophes	Aulnaies-frênaies alluviales	Chênaies-charmaies acidoclines	Chênaies-frênaies neutroclines	Chênaies-boulaies	Hêtraies acidoclines	Hêtraies neutroclines	Hêtraies calcicoles	Chênaies acidophiles	Chênaies-charmaies schisteuses	Chênaies-charmaies calcicoles	Chênaies pubescentes thermophiles	Erablaies-ornaies	Erablaies-tillaies
<b>ADO</b>	<b>25</b>	23	22	1	2	<b>24</b>	1	0	0	1	1	0	0	0	0
<b>ADP</b>	0	<b>43</b>	<b>29</b>	3	6	11	1	4	0	0	2	1	0	0	0
<b>AHO</b>	13	<b>18</b>	14	6	2	<b>24</b>	7	1	0	8	<b>8</b>	0	0	0	0
<b>AHP</b>	0	<b>32</b>	<b>15</b>	8	<b>16</b>	13	0	1	0	4	<b>10</b>	2	0	0	<b>13</b>
<b>TDO</b>	<b>76</b>	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>THO</b>	<b>91</b>	6	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>NMO</b>	1	0	4	10	4	7	<b>17</b>	<b>12</b>	3	<b>11</b>	<b>11</b>	1	0	<b>20</b>	5
<b>NMP</b>	0	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	6	1	4	5	<b>17</b>	7	3	0	0	3
<b>NSO</b>	0	0	5	<b>16</b>	7	12	8	10	8	<b>15</b>	13	7	0	0	<b>29</b>
<b>NSP</b>	0	0	0	<b>33</b>	<b>40</b>	0	1	11	0	7	7	0	0	0	0
<b>CMO</b>	0	0	0	3	6	0	1	<b>26</b>	<b>21</b>	0	3	<b>39</b>	0	0	14
<b>CMP</b>	0	0	<b>10</b>	2	12	0	0	2	0	0	2	<b>11</b>	<b>60</b>	0	<b>22</b>
<b>CSO</b>	0	0	0	1	3	0	0	2	<b>28</b>	0	3	<b>28</b>	<b>35</b>	0	6
<b>CSP</b>	0	0	2	1	3	0	0	4	<b>30</b>	1	0	<b>21</b>	<b>38</b>	0	14
N <sup>bre</sup> de relevés	21	24	96	789	721	11	940	130	15	1303	584	85	4	4	22

Table 11 : Proportion (%) de chaque type de forêt IPRFW pour chacun des grands types d'écosystèmes EcoDyn modélisés. Les résultats majoritaires sont affichés en gras et les résultats peu significatifs car inférieurs à la moyenne ou ne correspondant qu'à une seule donnée de l'inventaire IPRFW sont affichés en gris. Parmi les résultats significatifs, les chiffres affichés en vert sont ceux qui correspondent aux attentes du modèle et les chiffres en rouge signalent des résultats contradictoires à ces attentes.



## Ecosystèmes modélisés et situation existante

La modélisation des climax montre que, laissé à sa libre évolution, le territoire wallon serait occupé par une forêt continue, ponctuellement interrompue seulement en raison du passage des cours d'eau, de l'existence de pentes rocheuses ne permettant pas l'installation d'une flore arborescente et de la présence de clairières aléatoires liées à des incendies, aux chablis occasionnés par les tempêtes, à l'action de certains animaux comme le castor ou simplement à la régénération naturelle. Si on se limite à leur présence actuelle sur le territoire, les cours d'eau représenteraient environ 0,5% de la superficie de celui-ci et les pelouses colonisant les rochers couvriraient moins de 0,01%.

Au sein du couvert forestier, les espèces dominantes seraient adaptées aux conditions physico-chimiques locales. Le hêtre serait de loin l'espèce dominante, pour autant que les changements climatiques ne modifient de manière drastique le niveau hydrique des sols. Ainsi, on estime que la hêtraie acidocline couvrant l'Ardenne et la Lorraine serait la végétation climacique la mieux représentée sur le territoire (36,5%), suivi de la hêtraie neutrocline (27,7%) qui s'installerait principalement dans les milieux mésotrophes de Hesbaye. La hêtraie calcicole serait moins présente (6,8%) et se situerait principalement au niveau du Condroz, de la Calestienne et du Pays de Herve.

Les forêts typiques des plaines alluviales, telle que l'ormie-frêne et la chênaie-frêne hygrocline seraient ensuite les mieux représentées (7,2%) avec une dominance de l'ormie-frêne occupant les larges plaines des grands cours d'eau comme la Meuse, l'Escaut ou l'Ourthe. Le hêtre serait rarement présent dans ces plaines alluviales, car moins adapté aux inondations qui y surviennent. De même, dans les zones humides oligotrophes liées aux podzols ou aux dépressions présentant un sol à drainage plus faible, s'installeraient respectivement la chênaie à bouleaux (2,5%) ou la chênaie-charmaie hygrocline (2,5%).

Lorsqu'à l'inverse, les conditions d'humidité sont plus sèches, le hêtre est dominé par le chêne qui s'installe généralement avant lui et résiste mieux aux conditions xéroclines. On observe alors des forêts au sous-bois moins ombragé, dominées par le chêne sessile. La chênaie acidophile occuperait ainsi les plateaux et versants où l'hygrométrie est plus faible. La variante non thermophile, liée aux conditions peu ensoleillées, serait nettement plus présente sur le territoire (4,1%) que la variante thermophile limitée aux versants en pente forte bien ensoleillée (0,6%). Les versants calcaires seraient quant à eux occupés essentiellement par la chênaie pubescente thermophile (1%). En conditions mésotrophes, on observerait la chênaie-charmaie neutrocline (0,7%) ou la chênaie-charmaie calcicole (0,4%).

En Condroz et en Fagne-Famenne, la présence de schistes famenniens limite également l'installation du hêtre au profit du chêne et du charme. La chênaie-charmaie schisteuse occuperait ainsi environ 3,1%.

De même les fortes pentes favorisent l'installation des érablaies qui représenteraient environ 0,9% du territoire wallon.

Au niveau des milieux marécageux, le chêne et le hêtre laissent la place à l'aulne pour lequel le niveau élevé de l'humidité est favorable. Ces zones marécageuses seraient alors occupées par une aulnaie oligotrophe (1,1%) ou une aulnaie méso-eutrophe (1,9%).

Sur les berges des cours d'eau, des galeries rivulaires d'arbres occuperaient relativement peu de place. Selon les dimensions du cours d'eau, on verrait se développer une frêne-aulnaie des sources et ruisseaux (1,1%), une aulnaie-frêne alluviale des rivières (0,26%) ou une saulaie riveraine des grands fleuves (0,08%).

Enfin, les zones tourbeuses et paratourbeuses développeraient progressivement une végétation arborescente. Celle-ci serait surtout constituée de bouleaux dans les zones tourbeuses (0,45%), auxquels s'ajouterait le chêne pubescent dans les zones paratourbeuses (0,4%).

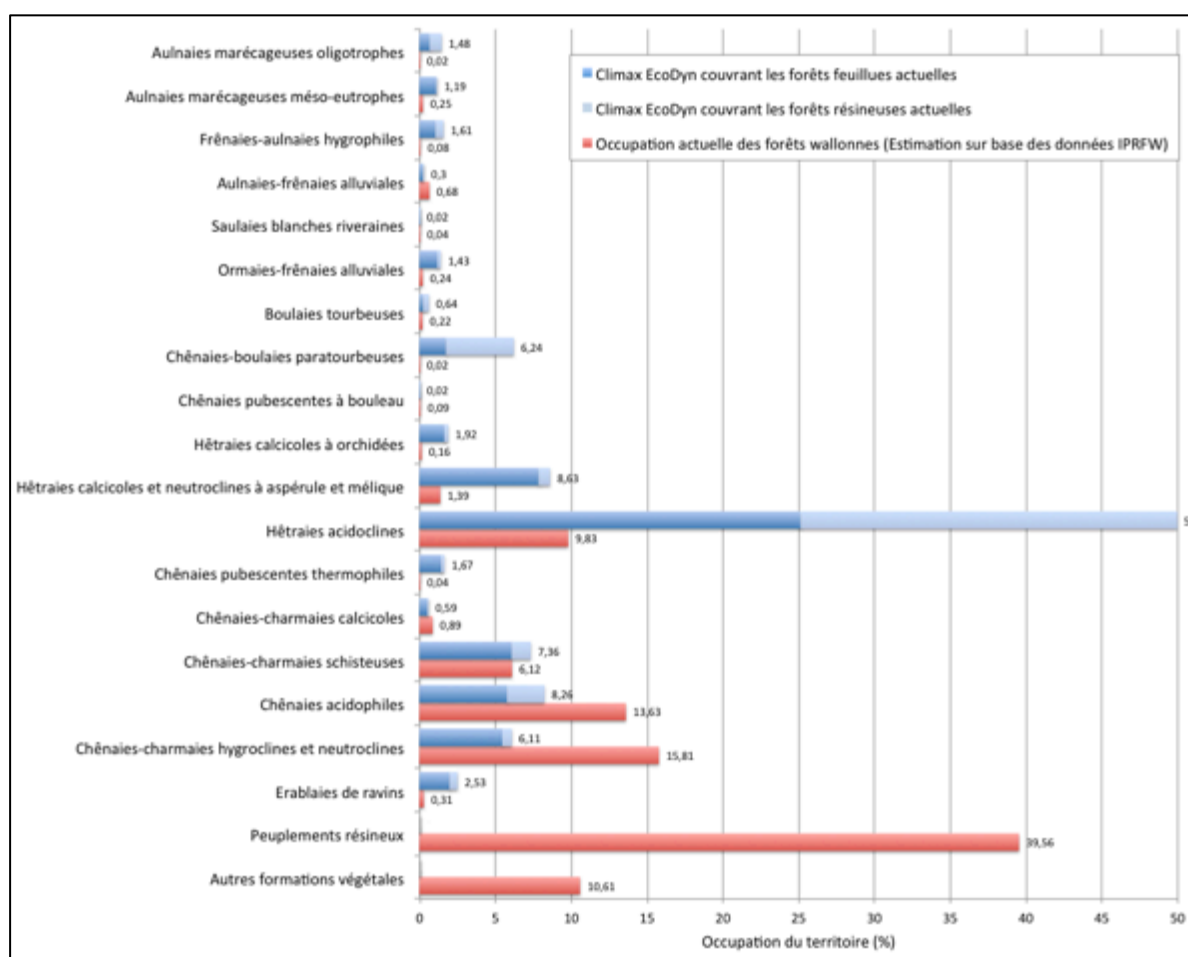
Classes EcoDyn	Climax	Couverture (km <sup>2</sup> )	Part du territoire (%)
<b>AAO.a</b>	Végétation submergée et flottante des sources et ruisseaux oligotrophe	11,9	0,07
<b>AAO.b</b>	Végétation submergée et flottante des rivières oligotrophes	21,7	0,13
<b>AAP.a</b>	Végétation submergée et flottante des sources ruisseaux mésotrophes	11,3	0,07
<b>AAP.b</b>	Végétation submergée et flottante des rivières mésotrophes	42,2	0,25
<b>ADO</b>	Aulnaie marécageuse oligotrophe	185,8	1,1
<b>ADP.a</b>	Aulnaie marécageuse mésotrophe	320,5	1,9
<b>ADP.b</b>	Frênaie-aulnaie hygrophile	195	1,15
<b>AHO.a</b>	Chênaie-charmaie hygrocline	427,2	2,53
<b>AHO.b</b>	Chênaie pubescente à bouleau	420,8	2,49
<b>AHP.aa</b>	Aulnaie-frênaie alluviale	44,5	0,26
<b>AHP.ab</b>	Saulaie riveraine	13,1	0,08
<b>AHP.ba</b>	Chênaie-frênaie hygrocline	544,6	3,22
<b>AHP.bb</b>	Ormaie-frênaie-aulnaie riveraine	673,3	3,98
<b>CMO</b>	Hêtraie calcicole à orchidées	468,4	2,77
<b>CMP.a</b>	Hêtraie calcicole à aspérules	686,7	4,06
<b>CMP.b</b>	Erablaie-tillaie de ravins	4,2	0,02
<b>CSO</b>	Chênaie pubescente thermophile	179,9	1,06
<b>CSP</b>	Chênaie-charmaie calcicole	68,6	0,41
<b>CXO</b>	Pelouses calcicoles des rochers calcaires	0,7	0,004
<b>NMO.a</b>	Hêtraie acidocline	6163,2	36,46
<b>NMO.b</b>	Erablaie-ormiaie de ravins	148,2	0,88
<b>NMO.c</b>	Chênaie-charmaie schisteuse	529,2	3,13
<b>NMP</b>	Hêtraie neutrocline	4681,8	27,7
<b>NSO.a</b>	Chênaie acidophile non thermophile	695,5	4,11
<b>NSO.b</b>	Chênaie acidophile thermophile	97,6	0,58
<b>NSP</b>	Chênaie-charmaie neutrocline	123,9	0,73
<b>NXO</b>	Pelouse rupicole des rochers siliceux	0,3	0,002
<b>TDO</b>	Boulaie tourbeuse	75,4	0,45
<b>THO</b>	Chênaie-boulaie paratourbeuse	67	0,4

**Table 12 : Occupation climacique potentielle du territoire wallon, exprimée en surface (kilomètre carré) et proportionnellement à la taille du territoire (%).**

La mesure dans laquelle les forêts actuelles correspondent aux climax modélisés est basée sur la comparaison entre d'une part des différents climax écosystémiques modélisés sur le territoire actuellement occupé par des forêts, et d'autre part les différents écosystèmes forestiers présents sur le territoire.

L'évaluation de la présence actuelle des différents types de forêts sur le territoire provient des données de l'IPRFW. Dans cet inventaire, l'échantillonnage est tel qu'un point de relevé est considéré comme représentatif de 50 hectares de forêt. L'ensemble des données ponctuelles relevées dans l'inventaire sont ici converties en pourcentage. Il faut toutefois signaler que la pertinence de cette démarche est limitée du fait que les données de l'IPRFW comportent plus de 10% de formations végétales non déterminées. Ceci est susceptible d'introduire un biais dans la comparaison.

Avec cette limite, les résultats montrent d'emblée la faible présence de la hêtraie par rapport à la situation climacique. Celle-ci est environ 5 fois moindre qu'elle le serait, à territoire forestier égal, en dehors de toute gestion. A l'inverse, on constate que les chênaies-charmaies et les chênaies, qui constituent le stade pré-climacique de la hêtraie, sont mieux représentées que dans l'occupation potentielle. En raison de la gestion des forêts, ces habitats forestiers sont substitués à la hêtraie dans les écosystèmes où la hêtraie devrait normalement être présente.



**Figure 5 : fréquences comparées des peuplements forestiers selon la modélisation (en bleu) et selon les données IPRFW (en rouge). La part des climax modélisés actuellement en forêt feuillue (bleu foncé) est distinguée de celle actuellement en forêt résineuse (bleu clair).**

De même, les peuplements résineux, qui seraient absents de nos régions d'un point de vue climacique, représentent en réalité environ 40% des forêts wallonnes. Ces peuplements se substituent partiellement à tous les types de climax forestiers, mais en particulier, ils remplacent la moitié des hêtraies acidoclines, environ 72% de la chênaie-boulaie paratourbeuse et 31% de la chênaie acidophile climacique.

Les chênaies-charmaies schisteuses présentent une bonne présence sur le territoire en comparaison de leur occupation potentielle.

Les érablaies de pentes et de ravins sont faiblement représentées.

Les écosystèmes marécageux, tourbeux et paratourbeux sont très faiblement représentés, ce qui s'explique probablement par l'installation de fossés de drainage intra-forestier (paramètre non modélisé).

Au niveau des forêts alluviales, les divergences observées peuvent s'expliquer par le fait qu'il s'agit généralement d'écosystèmes de faible étendue, étirés en bordure des cours d'eau. Dès lors, l'estimation de leur présence sur le territoire peut être soit sous-évaluée parce qu'ils ont échappé à la méthode de relevé de l'IPRFW, soit sur-évaluée parce que la conversion d'un point de relevé en pourcentage n'est pas proportionnelle à leur superficie réelle sur le territoire.

### **Domaine de pertinence et limites du modèle prédictif**

En premier lieu, le modèle prédictif actuel est lié au référentiel typologique EcoDyn et donc limité aux catégories qui y ont été définies. Le niveau trophique ne fait la distinction que de deux classes (une pauvre et une riche) et le niveau hydrique compte 6 classes (aquatique à xérophile). Si cela a permis une différenciation simple des conditions liées à chaque type d'habitat, les limites entre deux habitats sont rarement aussi nettes dans la nature, où l'on observe plutôt des gradients progressifs. En outre, la variabilité temporelle des niveaux hydriques et trophiques, contribue à ce caractère progressif des limites. *In fine*, on constate généralement sur le terrain la présence d'habitats de transition au niveau desquels les espèces appartenant à deux catégories climaciques différentes peuvent cohabiter. La précision de la détermination des habitats pourrait donc être augmentée par la prise en compte d'un plus grand nombre de classes au niveau des paramètres abiotiques.

Par ailleurs, la capacité d'établir une modélisation prédictive qui reflète réellement les climax tels qu'ils seraient actuellement établis en dehors d'une présence humaine sur le territoire est limitée par la méconnaissance des conditions abiotiques « vierges » du territoire. La pertinence de ce modèle serait d'ailleurs faible, puisque le retour à l'état initial n'est ni envisageable socialement, ni réalisable sur le terrain. Le résultat de la modélisation développée correspond aux climax qui s'établiraient spontanément dans les conditions actuelles (hors changement climatique) si le territoire, dans son état actuel perturbé, était laissé à l'évolution spontanée. Il faut donc envisager les climax issus de la modélisation comme étant, en cas d'abandon de toute gestion, les végétations potentielles qui se développeraient compte tenu des caractéristiques actuelles, notamment trophiques, des terrains.

D'autres part, si les données de la teneur en phosphore dans le sol permettent de modéliser les conditions trophiques actuelles, il convient de souligner l'absence de données relatives aux autres éléments trophiques du sol (azote, potassium) pour préciser ces conditions trophiques. En outre, il est difficile de prédire comment, en absence de gestion, le niveau trophique évoluerait au fil du temps,



Enfin, une autre limite de la modélisation des climax tient au fait que la composante des niveaux hydriques est entachée d'une certaine imprécision. En effet, l'humidité du sol, telle que mesurée lors de la cartographie des sols, a depuis lors été corrigée en de nombreux endroits par l'installation d'un drainage artificiel qu'il n'a pas été possible, faute de données, de prendre en compte lors de l'élaboration de la modélisation. Ce drainage n'étant cependant maintenu en place que par un entretien régulier, il y a lieu de penser que l'évolution spontanée mènerait ces écosystèmes perturbés vers une dynamique plus humide.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

- Bournerias M., Arnal G. et Bock Ch. (2001). Guide des groupements végétaux de la région parisienne. SEDES, Paris, 290 p.
- Blandin, P., 2009. De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité. Editions Quæ, Versailles : 122 p.
- Davies C.E. & Moss, D. (2002). *EUNIS Habitat Classification*. Final Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, European Environment Agency. 125pp.
- De Blust G., Froment A., Kuyken E., NEF L., Verheyen R. (1985). Carte d'Evaluation Biologique de la Belgique. Texte explicatif général. Centre de Coordination de la Carte d'Evaluation Biologique, Brugge, 98 p.
- Dulière J.-F., Tanghe M., Malaisse F. (1995). Répertoire des groupes écologiques du fichier écologique des essences. MRW, DGARNE, DNF, 319 p.
- Duvigneaud J. (2001). Essai de réalisation d'un Synopsis des groupements végétaux de Wallonie (avec quelques références relatives aux régions voisines). Adoxa, hors série numéro 1, 23 p.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18, 248 p.
- Julve P. (1998). ff. - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France.
- Leurquin J. (2011). Le concept de climax dans le cadre de la dynamique de la végétation. Natura Mosana, 64, 3: 69-75.
- Noirfalise A. (1984). Forêts et stations forestières en Belgique. Les Presses Agronomiques de Gembloux ASBL, Gembloux, 234 p.
- Stieperaere H et Franssen K. (1982). Standaardlijst van de Belgische Vaatplanten, met aanduiding van hun zeldzaamheid en socio-oecologische groep. Dumortiera 22, Jardin Botanique National, Meise, 41 p.
- Tanghe M. (2000). Groupes socio-écologiques des formations herbacées et sous-arbustives. Inédit.
- Weissen F., Bronchart L. et Piret A. (1994). Guide de boisement des stations forestières de Wallonie. Namur, Ministère de la Région wallonne, 175 p.

## 6. GLOSSAIRE

**Abiotique** : Relatif aux caractères physiques et chimiques non liés au vivant. Cela concerne principalement les facteurs liés à la nature du sol ou au climat.

**Acidocline** : Se dit d'une espèce ou d'une végétation qui présente une légère préférence pour les sols acides. <sup>(1)</sup>

**Acidophile** : Se dit d'une espèce ou d'une végétation qui se développe sur les sols acides, riches en silice. <sup>(1)</sup>

**Alluvions (adj. alluvionnaire)** : Éléments fins ou grossiers laissés par un cours d'eau quand sa vitesse réduite n'en permet plus le transport. <sup>(1)</sup>

**Anthropique** : Lié à l'action directe ou indirecte de l'homme. <sup>(1)</sup>

**Calcicole** : Se dit d'une espèce ou d'une végétation qui se rencontre exclusivement ou préférentiellement sur les sols riches en calcium. <sup>(1)</sup>

**Caractéristique (espèce)** : Espèce liée à un seul groupement végétal ou qui y pousse avec une vitalité optimale. <sup>(3)</sup>

**Climax** : Terme ultime de l'évolution d'une communauté végétale qui correspond à l'optimum de développement de cette dernière compte tenu des conditions climatiques et (ou) édaphiques prévalant dans le biotope considéré. Le climax est un stade d'équilibre dynamique et de ce fait susceptible de variations. Il représente la culmination d'une succession biocoenotique et se caractérise par un développement maximum de la biomasse dans un écosystème donné compte tenu des conditions écologiques prévalentes dans le biotope. <sup>(2)</sup>

**Climax stationnel** : Dont l'existence est liée à l'action prédominante locale de facteurs écologiques permanents autres que le climat ou l'homme (en particulier édaphiques). <sup>(1)</sup>

**Colluvions (adj. colluvionnaire)** : Formations superficielles de versants résultant de l'accumulation progressive de matériaux pédologiques, d'altérites ou de roches meubles arrachés plus haut dans le paysage. Subst. Colluvionnement. <sup>(1)</sup>

**Drainage** : Processus d'évacuation de l'eau présente en excès dans un sol ; il peut être naturel (on parle alors de drainage interne) ou facilité par des travaux divers (fossés, drains). <sup>(1)</sup>

**Districts pédologiques** : Région homogène du point de vue des caractéristiques de son sol.

**Dynamique (de la végétation)** : En un lieu et sur une surface donnés, modification dans le temps de la composition floristique et de la structure de la végétation. Selon que ces modifications rapprochent ou éloignent la végétation du climax, l'évolution est dite progressive ou régressive. <sup>(1)</sup>

**Dynamique écosystémique** : évolution d'un écosystème dans le temps liée à la dynamique de la végétation\*.

**Écocomplexe** : Ensemble d'écosystèmes interdépendants modelés par une histoire écologique et humaine commune. <sup>(1)</sup>

**Édaphique** : Qui concerne les relations entre les êtres vivants et leur substrat (sol principalement, vase ou roche accessoirement). <sup>(1)</sup>

**Éléments nutritifs** : Minéraux du sol qui interviennent dans la physiologie des végétaux (ex. nitrates, phosphates). <sup>(1)</sup>

**Eutrophe (ou Polytrope) :** Riche en éléments nutritifs, généralement non ou faiblement acide, et permettant une forte activité biologique. <sup>(1)</sup>

**Fontinal :** Se dit d'une espèce ou d'une végétation croissant près des sources, des suintements ou des fontaines. <sup>(1)</sup>

**Granulométrie :** Analyse physique de la terre fine d'un sol ; on distingue - les sables grossiers : de 2 mm à 0,2 mm, - les sables fins : de 0,2 mm à 50  $\mu\text{m}$ , - les limons grossiers de 50  $\mu\text{m}$  à 20  $\mu\text{m}$ , - les limons fins de 20  $\mu\text{m}$  à 2  $\mu\text{m}$ , - l'argile : éléments inférieurs à 2  $\mu\text{m}$ . <sup>(1)</sup>

**Gley (adj. Gleyifié) :** Résultat de l'engorgement permanent d'un horizon du sol par une nappe d'eau réductrice, à coloration caractéristique grisâtre, verdâtre ou bleuâtre. <sup>(1)</sup>

**Habitat :** Conditions physiques et biotiques dans lesquelles se maintient une espèce à l'état spontané. L'habitat est un ensemble indissociable comprenant un compartiment stationnel, une flore et une faune associées <sup>(1)</sup>

**Horizon :** Sur un profil de sol, couche généralement parallèle à la surface, présentant des caractéristiques pédologiques (texture, structure, couleur ... ) homogènes et différentes de celles des couches inférieures ou supérieures. Les horizons sont d'autant plus nombreux que les sols sont évolués. <sup>(1)</sup>

**Hydromorphe :** Qualifie un sol évoluant dans un milieu engorgé par l'eau de façon périodique ou permanente. <sup>(1)</sup>

**Hygrocline :** Se dit d'une espèce ayant une préférence pour les sols humides. <sup>(1)</sup> Par extension, ce terme désigne ici les milieux favorables à ces espèces, c'est-à-dire humides ou temporairement très humides.

**Hygrophile :** Se dit d'une espèce ayant besoin ou tolérant de fortes quantités d'eau tout au long de son développement (ex. le Saule cendré, la Laïche des marais). <sup>(1)</sup> Par extension, ce terme désigne ici les milieux favorables à ces espèces, c'est-à-dire les milieux très humides en permanence.

**Karst (adj. karstique) :** Structure géomorphologique résultant de l'érosion hydrochimique et hydraulique de formations de roches carbonatées, principalement de formations calcaires. L'adjectif « karstique » désigne couramment tant la formation rocheuse en elle-même que le processus d'érosion qui conduit à celle-ci.

**Krigeage :** méthode d'interpolation spatiale issue de la géostatistique et dont le nom provient de l'ingénieur D. G. Krige. Parfois considérée comme la plus juste du point de vue statistique, cette méthode d'estimation linéaire repose sur l'espérance mathématique et la variance de la donnée spatialisée.

**Lignée climacique :** ensemble des habitats susceptibles de se trouver en un endroit donné en fonction des conditions abiotiques et de la dynamique écosystémique. Cet ensemble inclut l'habitat climacique et les habitats précédant le stade climacique dans la succession végétale\*.

**Lotique :** Se dit d'une espèce, d'un habitat ou d'un écosystème lié aux eaux courantes à renouvellement rapide (rivières, ruisseaux...).

**Lithologique :** relatif à l'étude de la composition des sédiments ou des roches, comprenant les caractéristiques physiques et chimiques, telles que la couleur, la composition minéralogique, la dureté ou la taille des grains.

**Magnocariçaie :** Formation végétale en général hygrophile, dominée par les grandes Laïches (*Carex riparia*, *C. pendula*, *C. ocutiformis* ... ) <sup>(1)</sup>

**Mégaphorbiaie** : Formation végétale de hautes herbes (souvent à larges feuilles) se développant sur des sols humides et riches. <sup>(1)</sup>

**Mésophile ou Mésohyrophile** : Se dit d'une espèce ayant besoin d'un milieu relativement humide pour se développer mais ne tolérant pas des valeurs d'humidité trop élevée. Par extension, ce terme désigne ici les milieux favorables à ces espèces, c'est-à-dire peu humides ou temporairement humides.

**Mésotrophe** : Moyennement riche en éléments nutritifs, modérément acide et permettant une activité biologique moyenne. <sup>(1)</sup>

**Neutrocline** : Se dit de végétaux ayant des préférences pour des conditions de pH voisines de la neutralité. <sup>(1)</sup>

**Oligotrophe** : Pauvre en éléments nutritifs et ne permettant qu'une activité biologique réduite. <sup>(1)</sup>

**Paraclimax (adj. paraclimacique)** : Équilibre apparemment stable d'un écosystème, résultant d'une action humaine de longue durée et différent du climax (ex. certaines landes). <sup>(1)</sup>

**Paratourbeux** : se dit d'un sol organique formé par l'accumulation de tourbe provenant de la décomposition de végétaux hydrophiles en anaérobiose presque constante et dont l'épaisseur est inférieure à 40 cm.

**Phytosociologie** : Étude des tendances naturelles que manifestent des individus d'espèces différentes à cohabiter dans une communauté végétale ou au contraire à s'en exclure. <sup>(1)</sup>

**Podzolisation** : Phénomène d'évolution d'un sol avec destruction chimique des minéraux argileux des horizons supérieurs et formation d'un horizon d'immobilisation des constituants organiques et des complexes organo-minéraux d'aluminium et/ou de fer en résultant ; se traduit par des sols très pauvres chimiquement et très acides, avec souvent des réserves en eau très faibles en périodes estivales dues à des textures souvent grossières. <sup>(1)</sup>

**Polytrophe** : voir Eutrophe.

**Pseudogley** : Faciès d'engorgement périodique d'un horizon par une nappe temporaire perchée, d'origine pluviale ou en raison d'une microporosité élevée (absence de nappe mais asphyxie de l'horizon). Il y a apparition de taches rouille (réoxydation du fer) en mélange avec la teinte de fond grise (ou plus claire) du reste de l'horizon. <sup>(1)</sup>

**Raster** : format de données spatiales où l'espace est divisé de manière régulière (maillage de cellules rectangulaires); à cellule (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace.

**Stade** : Au sens de la dynamique de la végétation, désigne l'état déterminé d'une succession végétale correspondant à une physionomie particulière de la végétation (ex. stade pionnier, climacique ). <sup>(1)</sup>

**Station (adj. stationnel)** : Étendue de terrain, de superficie variable, homogène dans ses conditions physiques et biologiques (mésoclimat, topographie, composition floristique et structure de la végétation spontanée). <sup>(1)</sup>

**Succession végétale** : Suite des groupements végétaux qui se remplacent au cours du temps en un même lieu. <sup>(1)</sup>

**Texture** : Ensemble des caractéristiques d'un sol ou d'un horizon définies par la taille de ses constituants, c'est-à-dire de sa combinaison granulométrique. Cette combinaison de diverses catégories granulométriques définit les classes de texture. <sup>(1)</sup>



**Thermophile** : Se dit d'une plante qui croît de préférence dans des sites chauds et ensoleillés. <sup>(1)</sup>

**Tourbeux** : se dit d'un sol organique formé par l'accumulation de tourbe provenant de la décomposition de végétaux hydrophiles en anaérobiose presque constante et dont l'épaisseur va de 40 cm à plusieurs mètres de tourbe.

**Trophique** : relatif à la nutrition, plus spécialement minérale, chez les végétaux. <sup>(1)</sup>

Vectoriel (format vectoriel) : format de données spatiales où l'espace est représenté à l'aide d'éléments géométriques (points, lignes, polygones et polygones). A chaque élément géométrique sont associés une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace.

**Xérocline** : Se dit d'une espèce qui a une légère préférence pour les milieux secs. <sup>(1)</sup> Par extension, ce terme désigne ici les milieux favorables à ces espèces, c'est-à-dire les milieux secs.

**Xérophile** : Se dit d'une espèce pouvant s'accommoder de milieux secs. <sup>(1)</sup> Par extension, ce terme désigne ici les milieux favorables à ces espèces, c'est-à-dire les milieux très secs.

---

<sup>(1)</sup> Rameau J.C, Gauberville C. & Drapier N., 2000. - *Gestion forestière et diversité biologique. Guide Wallonie-Luxembourg*. 99 pp. + fiches.

<sup>(2)</sup> Ramade F., 2002. - *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*. 2ème édition. Dunod, Paris, 1075 pp.

<sup>(3)</sup> Vanden Berghen C., 1973. - *Initiation à l'étude de la végétation*. Les Naturalistes belges. Bruxelles. 236 pp.











4b	Mégaphorbiaies de plaines humides (E5.42) <i>Filipendulion ulmi</i>	L : 7	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 7	R : 7	N : 7	S : 0	T : 1	MO : 8	<i>Aconitum napellus lusitanicum, Althaea officinalis, Angelica archangelica, Angelica sylvestris, Barbarea intermedia, Barbarea stricta, Barbarea vulgaris, Cuscuta europaea, Epilobium hirsutum, Eupatorium cannabinum, Filipendula ulmaria, Helianthus tuberosus, Hemerocallis lilioasphodelus, Hesperis matronalis, Impatiens glandulifera, Inula helenium, Melilotus altissimus, Mentha longifolia, Mimulus moschatus, Petasites hybridus, Polygonum bistorta, Rorippa austriaca, Rudbeckia laciniata, Rumex aquaticus, Rumex obtusifolius transiens, Senecio paludosus, Stachys palustris</i>
5a	Saussaies riveraines des berges de cours d'eau (F9.1) <i>Salicion triandrae</i>	L : 7	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 8	R : 7	N : 6	S : 0	T : 2	MO : 8	<i>Calystegia sepium, Humulus lupulus, Salix purpurea v lambertiana, Salix triandra, Salix viminalis, Spiraea alba, Spiraea douglasii</i>
5b	Saussaies non marécageuses méso-eutrophes (F3.1a) <i>Salicion cinereae</i>	L : 5	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 9	R : 5	N : 4	S : 0	T : 1	MO : 9	<i>Salix cinerea</i>
6aa	Aulnaies-frênaies riveraines des berges de rivières et ruisseaux (G1.212) <i>Alno-Padion</i>	L : 5	T : 4	C : 5	HA : 7	HE : 6	R : 7	N : 6	S : 0	T : 2	MO : 4	<i>Aconitum lycoctonum vulparia, Allium scorodoprasum, Allium ursinum, Alnus incana, Brachypodium sylvaticum, Festuca gigantea, Fraxinus excelsior, Gagea spathacea, Galanthus nivalis, Glechoma hederacea, Impatiens noli-tangere, Knautia dipsacifolia, Matteuccia struthiopteris, Monotropa hypopitys glabra, Pulmonaria officinalis, Stellaria nemorum</i>
6ab	Saulaies blanches riveraines des berges de grandes rivières (G1.1) <i>Salicion albae</i>	L : 7	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 8	R : 7	N : 7	S : 0	T : 4	MO : 8	<i>Myosoton aquaticum, Salix alba, Salix fragilis</i>
6ba	Chênaies-frênaies hydroclines des plateaux et plaines (G1.A1) <i>Primulo-carpinetum</i>	L : 5	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 7	R : 7	N : 7	S : 0	T : 1	MO : 3	<i>Adoxa moschatellina, Anemone ranunculoides, Fraxinus excelsior, Neottia ovata, Paris quadrifolia, Primula elatior</i>
6bb	Ormaies-frênaies-aulnaies alluviales des grandes vallées (G1.213) <i>Alno-Ulmion</i>	L : 6	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 7	R : 7	N : 7	S : 0	T : 3	MO : 5	<i>Fraxinus excelsior, Gagea lutea, Populus alba, Ulmus laevis, Vitis vinifera sylvestris</i>
<b>TDO Ecosystème tourbeux ou paratourbeux hygrophile oligo-mésotrophe</b>												
2	Communautés initiales des dépressions tourbeuses (D2.3) <i>Rhynchosporion albae</i>	L : 8	T : 4	C : 3	HA : 9	HE : 8	R : 2	N : 2	S : 0	T : 2	MO : 9	<i>Drosera intermedia, Hammarbya paludosa, Lycopodiella inundata, Rhynchospora alba, Rhynchospora fusca</i>
3	Cariçaies et tremblants tourbeux (D2.3) <i>Caricion lasiocarpae, Caricion elatae</i>	L : 8	T : 5	C : 5	HA : 9	HE : 9	R : 6	N : 3	S : 0	T : 1	MO : 9	<i>Calamagrostis canescens, Calamagrostis stricta, Calla palustris, Carex appropinquata, Carex lasiocarpa, Carex limosa, Carex rostrata, Comarum palustre, Eriophorum gracile, Menyanthes trifoliata, Scheuchzeria palustris, Schoenoplectus tabernaemontani</i>

4a	Bas-marais acides  (D2.2) <i>Agrostio caninae</i> - <i>Caricion curtae</i>	L : 7	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 8	R : 4	N : 2	S : 0	T : 1	MO : 9	<i>Agrostis canina</i> , <i>Carex canescens</i> , <i>Carex echinata</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Carex trinervis</i> , <i>Epilobium palustre</i> , <i>Galium uliginosum</i> , <i>Hydrocotyle vulgaris</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Pedicularis palustris</i> , <i>Ranunculus flammula</i> , <i>Stellaria palustris</i> , <i>Veronica scutellata</i> , <i>Viola palustris</i>
4b	Bas-marais alcalins  (D4.1) <i>Caricion davallianae</i>	L : 8	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 8	R : 7	N : 2	S : 0	T : 2	MO : 9	<i>Anagallis tenella</i> , <i>Carex davalliana</i> , <i>Carex diandra</i> , <i>Carex flava</i> , <i>Carex hostiana</i> , <i>Carex lepidocarpa</i> , <i>Dactylorhiza incarnata</i> , <i>Dactylorhiza traunsteineri</i> , <i>Eleocharis quinqueflora</i> , <i>Epipactis palustris</i> , <i>Equisetum variegatum</i> , <i>Eriophorum latifolium</i> , <i>Gentianella amarella</i> , <i>Juncus alpinoarticulatus</i> , <i>Liparis loeselii</i> , <i>Orchis palustris</i> , <i>Parnassia palustris</i> , <i>Pinguicula vulgaris</i> , <i>Primula farinosa</i> , <i>Schoenus ferrugineus</i> , <i>Schoenus nigricans</i> , <i>Scorpidium scorpioides</i>
5	Tourbières hautes à sphaignes et saussaies marécageuses (D1.1, F9.2) <i>Sphagnion fuscii</i> , <i>Salicion cinereae</i> , <i>Myricetum gale</i>	L : 8	T : 5	C : 4	HA : 8	HE : 9	R : 3	N : 2	S : 0	T : 1	MO : 9	<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Carex pauciflora</i> , <i>Dactylorhiza sphagnicola</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Myrica gale</i> , <i>Narthecium ossifragum</i> , <i>Odontoschisma sphagni</i> , <i>Pinguicula lusitanica</i> , <i>Sphagnum capillifolium</i> , <i>Sphagnum denticulatum</i> , <i>Sphagnum magellanicum</i> , <i>Sphagnum papillosum</i> , <i>Vaccinium oxycoccos</i>
6	Boulaies tourbeuses à sphaignes (G1.51) <i>Betulion pubescentis</i>	L : 5	T : 5	C : 4	HA : 9	HE : 8	R : 5	N : 3	S : 0	T : 1	MO : 9	<i>Betula pubescens</i> , <i>Carex elongata</i> , <i>Carex laevigata</i> , <i>Dryopteris cristata</i> , <i>Osmunda regalis</i> , <i>Polytrichum commune</i>
<b>THO Ecosystème tourbeux ou paratourbeux hygrocline oligo-mésotrophe</b>												
2	Pelouses paratourbeuses  (E3.52) <i>Juncion squarrosi</i>	L : 8	T : 5	C : 4	HA : 6	HE : 7	R : 1	N : 2	S : 0	T : 3	MO : 6	<i>Dactylorhiza maculata ericetorum</i> , <i>Juncus squarrosus</i> , <i>Pedicularis sylvatica</i>
3	Prairies humides oligotrophes (E3.51) <i>Molinion caeruleae</i>	L : 7	T : 5	C : 5	HA : 8	HE : 7	R : 6	N : 3	S : 0	T : 2	MO : 9	<i>Carex panicea</i> , <i>Carex pulicaris</i> , <i>Carex tomentosa</i> , <i>Cirsium dissectum</i> , <i>Dactylorhiza maculata</i> , <i>Dianthus superbus</i> , <i>Galium boreale</i> , <i>Inula salicina</i> , <i>Juncus conglomeratus</i> , <i>Juncus effusus</i> , <i>Molinia caerulea</i> , <i>Ophioglossum vulgatum</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Scorzonera humilis</i> , <i>Selinum carvifolia</i> , <i>Serratula tinctoria</i> , <i>Silaum silaus</i> , <i>Succisa pratensis</i> , <i>Tetragonolobus maritimus</i> , <i>Valeriana dioica</i>
4	Landes paratourbeuses à myrtilles (F4.11b) <i>Oxycocco palustris-Ericion tetralicis</i>	L : 7	T : 5	C : 4	HA : 8	HE : 7	R : 4	N : 2	S : 0	T : 2	MO : 7	<i>Erica tetralix</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Salix repens argentea</i> , <i>Scirpus cespitosus</i> , <i>Sphagnum compactum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i>
5	Saussaies non marécageuses (F3.1a) <i>Salicion cinereae</i>	L : 6	T : 5	C : 4	HA : 9	HE : 9	R : 4	N : 4	S : 0	T : 1	MO : 9	<i>Salix aurita</i> , <i>Salix cinerea</i>
6	Chênaies-boulaies paratourbeuses à trientale (G1.81) <i>Triantalo-betuletum</i>	L : 6	T : 4	C : 5	HA : 8	HE : 8	R : 3	N : 3	S : 0	T : 2	MO : 7	<i>Betula pubescens</i> , <i>Trientalis europaea</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i>















5	Fourrés thermophiles calcaires (F3.1b) <i>Berberidion vulgaris</i>	L : 7	T : 6	C : 5	HA : 5	HE : 5	R : 8	N : 4	S : 0	T : 3	MO : 2	<i>Berberis vulgaris, Cornus mas, Euonymus latifolius, Hippocrepis emerus, Mahonia aquifolium, Rhamnus cathartica, Rosa rubiginosa, Staphylea pinnata</i>
7	Hêtraies calcicoles à orchidées (G1.66) <i>Cephalanthero-Fagion</i>	L : 5	T : 5	C : 4	HA : 5	HE : 4	R : 7	N : 4	S : 0	T : 3	MO : 2	<i>Carex digitata, Cephalanthera damasonium, Cephalanthera longifolia, Cephalanthera rubra, Helleborus foetidus, Neottia nidus-avis, Orchis mascula</i>
<b>CMP Ecosysteme calcicole mésophile méso-eutrophe</b>												
3a	Pâtures mésophiles (E2.11a) <i>Cynosurion cristati</i>	L : 9	T : 5	C : 5	HA : 3	HE : 3	R : 8	N : 5	S : 0	T : 3	MO : 2	<i>Eryngium campestre, Medicago lupulina, Ononis spinosa, Ononis spinosa maritima, Primula veris, Trifolium campestre</i>
3b	Prairies de fauches mésophiles (E2.2) <i>Arrhenaterion elatioris, Alchemillo-trisetetum, Polygono bistortae-trisetion</i>	L : 8	T : 5	C : 5	HA : 5	HE : 5	R : 7	N : 6	S : 0	T : 3	MO : 2	<i>Festuca pratensis, Galium mollugo, Leucanthemum vulgare, Medicago arabica, Pimpinella major, Rumex thyrsiflorus, Tragopogon pratensis</i>
4	Friches mésophiles des sols riches alcalins (E5.6) <i>Onopordion acanthii</i>	L : 7	T : 5	C : 5	HA : 5	HE : 5	R : 7	N : 6	S : 0	T : 3	MO : 3	<i>Bromus ramosus, Carex divulsa, Carex divulsa leersii, Erysimum virgatum, Hypericum hirsutum, Medicago sativa, Reseda luteola, Taraxacum alatum, Taraxacum dahlstedtii, Taraxacum ekmanii, Taraxacum marklundii, Taraxacum polyodon, Taraxacum sellandii, Taraxacum trilobatum, Taraxacum undulatum, Tragopogon pratensis minor, Verbascum pulverulentum</i>
5	Fourrés tempérés calcicoles (F3.11) <i>Prunetalia</i>	L : 7	T : 7	C : 5	HA : 5	HE : 5	R : 8	N : 5	S : 0	T : 4	MO : 2	<i>Amelanchier lamarckii, Cotinus coggygria, Lonicera caprifolium, Prunus domestica</i>
6	Chênaies-charmaies calcicoles (G1.A17) <i>Carpinion betuli</i>	L : 5	T : 5	C : 5	HA : 5	HE : 5	R : 7	N : 6	S : 0	T : 3	MO : 2	<i>Aquilegia vulgaris, Asarum europaeum, Daphne mezereum, Doronicum plantagineum, Lonicera xylosteum, Mercurialis perennis</i>
7a	Hêtraies calcicoles à aspérule (G1.66) <i>Asperulo-fagion</i>	L : 4	T : 5	C : 5	HA : 6	HE : 5	R : 7	N : 7	S : 0	T : 2	MO : 2	<i>Ranunculus auricomus, Viola reichenbachiana</i>
7b	Erablaies-tilliaies de ravins à fougère scolopendre (G1.A41a) <i>Tilio-Acerion</i>	L : 5	T : 4	C : 4	HA : 6	HE : 5	R : 6	N : 6	S : 0	T : 3	MO : 3	<i>Acer platanoïdes, Acer pseudoplatanus, Actaea spicata, Anomodon viticulosus, Asplenium scolopendrium, Cardamine heptaphylla, Cardamine impatiens, Helleborus viridis occidentalis, Homalia trichomanoides, Lunaria rediviva, Neckera crispa, Polystichum aculeatum, Polystichum setiferum, Sorbus aria v incisa, Thamnobryum alopecurum, Tilia platyphyllos</i>



